

UNIVERSITÉ DE GENÈVE
Clinique d'oto-rhino-laryngologie

FACULTÉ DE MÉDECINE
Prof. A. MONTANDON

Le nystagmus provoqué par stimulation lumineuse intermittente chez le lapin et quelques problèmes annexes

Thèse

présentée à la Faculté de médecine de l'Université de Genève
pour obtenir le grade de docteur en médecine

par

Werner ITIN

de

Hersberg (Bâle-Campagne)

Thèse N° 3144

GENÈVE
Editions Médecine et Hygiène
1969
—



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545925_0030

Le nystagmus provoqué par stimulation lumineuse intermittente chez le lapin et quelques problèmes annexes

Thèse

présentée à la Faculté de médecine de l'Université de Genève
pour obtenir le grade de docteur en médecine

par

Werner ITIN

de

Hersberg (Bâle-Campagne)

Thèse N° 3144

La Faculté de médecine, sur le préavis du professeur André Montandon, autorise l'impression de la présente thèse, sans prétendre par là émettre d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Genève, le 3 mars 1969.

Le doyen :
William Geisendorf

Thèse N° 3144



A MES PARENTS

A MA FEMME

Nous tenons à remercier vivement le professeur André Montandon, directeur de la clinique universitaire d'oto-rhino-laryngologie de Genève, pour nous avoir dirigé dans cette voie de recherche et nous avoir fait profiter de sa grande expérience. Nous lui sommes particulièrement reconnaissant de nous avoir accordé sa confiance et d'avoir mis à notre disposition le laboratoire d'électronystagmographie où s'est élaboré la plus grande partie de ce travail.

Nous remercions également le professeur Jean Babel, directeur de la clinique universitaire d'ophtalmologie de Genève, pour sa bienveillante attention. Il nous a autorisé à travailler au laboratoire d'électrorétinographie et a mis à notre disposition le photostimulateur. Son collaborateur le docteur N. Stangos nous a apporté toute son aide.

Monsieur Gérard Kaphan, professeur agrégé du laboratoire de physique de la Faculté de médecine de Marseille (directeur: professeur Dubouloz), nous a prodigué ses précieux conseils. Nous lui en sommes très reconnaissant.

Le docteur J. A. Fondarai a effectué les calculs statistiques de ce travail (Laboratoire de physique de Marseille).

Nos remerciements chaleureux s'adressent à l'équipe du laboratoire de nystagmographie de Genève.

En particulier à Mademoiselle Monique Pitteloud, technicienne dévouée.

A notre ami Monsieur André Rohr, ingénieur, dont nous avons beaucoup apprécié la collaboration.

A Monsieur Michel Luyet, mathématicien.

Nous remercions enfin les secrétaires et les photographes pour leur travail consciencieux.

TABLE DES MATIERES

A. INTRODUCTION

B. METHODE

1) Animaux

2) Contention

3) Stimulation

Appareillage

Conditions de stimulation

4) Enregistrement du nystagmus

5) Analyse des enregistrements nystagmographiques

6) Appareillage d'enregistrement et de sommation de l'ERG

7) Stimulation par éclaircissement continu

8) Représentation graphique des résultats

C. RESULTATS

1) Résultats obtenus par stimulation lumineuse intermittente chez deux groupes d'animaux

2) Précisions sur certains mouvements toniques apparaissant au cours du nystagmus photique et enregistrés en courant continu

a) Latence et phase initiale

b) Mouvements toniques biphasiques

c) Le retournement du nystagmus

3) Relation entre la fréquence de stimulation et la fréquence de la réponse nystagmique

a) Etude statistique

b) Remarques comparatives

c) Effet de la stimulation de référence sur la fréquence optimale

- 4) Relation entre l'intensité de stimulation et la fréquence de la réponse nystagmique
- 5) Relation entre la fréquence de stimulation et la fréquence de la réponse nystagmique pour différentes intensités lumineuses chez le même animal
- 6) La post-réaction du nystagmus photique (post-nystagmus)
 - a) Evolution de la durée des secousses
 - b) Evolution de la pente de la phase lente
- 7) Période initiale du nystagmus photique
- 8) Effet d'une lumière continue sur le nystagmus photique
- 9) Le rôle de la fréquence critique de fusion déterminé par l'ERG dans le mécanisme du nystagmus photique

D. QUELQUES ASPECTS GENERAUX DU PROBLEME DU NYSTAGMUS PHOTIQUE

E. CONCLUSION

F. BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

En 1958, Lachmann, Bergmann et Monnier M. ont décrit la localisation d'une aire nystagmogène méso-diencephalique (A.N.D.) chez le lapin. La stimulation électrique stéréotaxique de cette aire donne régulièrement naissance à un nystagmus horizontal contraversif, que les auteurs ont appelé "nystagmus central" et qui ne semble pas se distinguer du nystagmus provoqué par une stimulation des récepteurs vestibulaires. Cette découverte fut suivie d'une investigation sur la relation fonctionnelle qui pourrait exister entre ce centre nystagmogène méso-diencephalique et l'arc réflexe du nystagmus vestibulaire.

Ce sont les travaux de Lachmann et coll. (1958), Montandon P. (1964), Laporte (1965) et Quichaud (1966) qui ont permis d'établir les faits suivants :

1. Une stimulation simultanée de l'A.N.D. d'un côté et du labyrinthe ou des noyaux vestibulaires contro-latéraux a un effet synergique sur la réponse nystagmique, tandis qu'une stimulation combinée homolatérale exerce un effet antagoniste.
2. Ce mécanisme de synergie et d'antagonisme concerne principalement la fréquence du nystagmus. L'amplitude ne varie que très peu et ne subit apparemment pas de modification systématique.

Parallèlement, Bergmann, Lachmann, Monnier et Krupp (1959) ont démontré :

- 1) Qu'une trans-section caudale de l'A.N.D. interrompant les afférences vers les noyaux moteurs oculaires abolit le nystagmus central, mais pas le nystagmus per-rotatoire.
- 2) Qu'une section transversale rostrale de l'A.N.D. augmente le nystagmus central. Ce phénomène avait été attribué entre autres à l'abolition d'un effet inhibiteur de la lumière.

Ce dernier fait suscita l'intérêt pour le rôle que pouvait jouer les afférences visuelles sur le phénomène du nystagmus central.

Bergmann et coll. (1963) ont signalé, à ce sujet, qu'il y a une activation du nystagmus central par une stimulation optocinétique. Cette activation aurait lieu quels que soient le sens de la stimulation et le côté stimulé. On observerait une augmentation de la fréquence nystagmique même au-delà de la fusion optocinétique.

D'autre part, Gutman et coll. (1963), utilisant une technique de stimulation électrique et des paramètres physiques semblables à ceux employés pour provoquer un nystagmus central, ont obtenu une réponse nystagmique par stimulation de la partie distale de la voie optique, c'est-à-dire de la bandelette, du nerf optique, ainsi que de l'oeil lui-même.

Ces mêmes auteurs constatent également que lorsqu'on fait une section du chiasma, le nystagmus obtenu par stimulation de

la bandelette est considérablement augmenté; ils concluent à l'existence d'un effet inhibiteur d'origine rétinienne.

En 1965, Costin et coll. décrivent un nystagmus dit photique, qui est obtenu chez le lapin par une stimulation lumineuse intermittente d'un oeil. Ce phénomène se manifeste seulement dans un certain domaine fréquentiel de stimulation.

Etant donné qu'une partie des fibres optiques passent par le corps genouillé latéral ou y font relais, on pouvait s'attendre à ce qu'une stimulation électrique de cette formation donne également naissance à un nystagmus. En même temps, la question se posait de savoir si l'A.N.D., structure avoisinante du corps genouillé latéral et histologiquement mal définie, ne fait pas partie de la voie optique.

Les expériences faites à ce sujet par Costin et coll. (1966) ont démontré qu'on pouvait obtenir une réponse nystagmique par stimulation électrique du corps genouillé latéral et que l'intensité liminaire de la stimulation est moindre au niveau de ce noyau, ainsi que dans la radiation optique, tandis que le seuil remonte au-delà des limites de ces structures et est nettement plus élevé dans l'A.N.D.

Ces auteurs attirent l'attention sur le fait que la méthode employée à l'origine pour la localisation de l'A.N.D. ne permettait pas une stimulation très précise (stimulation avec des électrodes unipolaires). Ils évoquent la possibilité

d'une stimulation des parties de la voie optique voisine par des courants diffusés.

Si on résume les faits essentiels des travaux effectués dans le but de connaître la relation entre le nystagmus dit central et les afférences des voies optiques, il en résulte les points suivants (voir à ce sujet le travail de Bergmann et coll. 1965 c) :

1. Chez le lapin, un nystagmus de direction déterminée peut être déclenché :

- a) par une stimulation électrique de la partie afférente du mécanisme visuo-oculo-moteur (oeil, nerf optique, bandelette, corps genouillé latéral et dans certaines conditions, tubercules quadrijumeaux supérieurs) (Bergmann et coll., 1964),
- b) par une stimulation lumineuse intermittente d'un oeil;
- c) par une stimulation optocinétique.

En analogie avec le terme de nystagmus vestibulaire, on a proposé de désigner les réponses obtenues au moyen de ces trois types de stimulation par le terme de "nystagmus optique".

2. La direction de ce nystagmus optique dépend du côté stimulé; étant donné le croisement quasi total, chez le lapin, des fibres optiques au niveau du chiasma, la stimulation de l'oeil et du nerf optique droit, ainsi que l'excitation de la bandelette et du corps genouillé latéral gauche donnent naissance à un nystagmus battant à droite.

D'autre part, une stimulation optocinétique d'un seul oeil

n'est pratiquement efficace que si le mouvement de l'objet déclenche un nystagmus vers le côté stimulé (Fukuda, 1957). Il y a donc concordance pour ces trois types de stimulation en ce qui concerne la relation entre le côté stimulé et la direction du nystagmus.

3. Le nystagmus apparaît seulement dans un certain domaine fréquentiel de la stimulation (photique et électrique) avec une fréquence optimale qui semble spécifique pour le type de stimulation donnée.

4. Il y a synergie des réponses lorsqu'on stimule un oeil et simultanément la voie optique homologue, et antagonisme si l'on y associe une stimulation du système hétérologue, phénomène semblable à celui rencontré pour l'interaction du nystagmus vestibulaire et du nystagmus central.

Une fois la notion établie qu'il existe une interaction entre les différents mécanismes du système nystagmogène, une étude des lois quantitatives qui régissent leurs relations fonctionnelles s'imposait.

A ce sujet, l'épreuve giratoire liminaire (Montandon, A., (*) 1965) contribua grandement à préciser les relations quantitatives entre des paramètres physiquement bien définis de stimulation et les paramètres de la réponse nystagmique. Cette méthode a permis d'établir un seuil pour la stimulation giratoire aussi bien chez l'homme (Russbach, 1955; Fumeaux, 1958, 1960; Nicolai-Harter H., 1964) que chez l'animal.

(*) Voir également Montandon et Russbach, 1955.

Nous nous sommes intéressé plus particulièrement au nystagmus photique en vue d'une investigation des relations quantitatives quand on associe à une stimulation giratoire une stimulation lumineuse (stimulation du mécanisme vestibulo-oculo-moteur et du mécanisme visuo-oculo-moteur).

C'est pourquoi il était important de connaître :

- 1) Les relations quantitatives existant entre les paramètres de la stimulation photique et les paramètres du mouvement nystagmique.
- 2) L'évolution de la périodicité du phénomène, en particulier au début et à la fin d'une stimulation.
- 3) Il nous semblait d'autre part intéressant d'étudier certains mouvements toniques de l'oeil apparaissant au cours du nystagmus. Ceci fut rendu possible par l'enregistrement en courant continu.

METHODE

Animaux

Nous avons utilisé, lors d'une première série d'expériences, des lapins pigmentés appartenant aux deux sexes, dont le poids variait entre 2,5 kg. et 3,5 kg.

Pour une deuxième série, nous avons travaillé avec des lapins albinos. Ces derniers ont nettement mieux répondu à la stimulation dans les conditions données.

Contention

Les animaux sont placés dans un hamac (système Monnier). Nous avons attaché une grande importance à une bonne contention dans une position aussi confortable que possible. Les pattes de l'animal peuvent librement bouger; la tête est maintenue dans sa position naturelle, avec l'axe sagittal légèrement penché en avant; une inclinaison latérale de la tête est possible.

L'expérience nous a montré la nécessité d'une contention rigoureuse; dans le cas opposé, l'animal s'agite, se débat, afin de se libérer de toute contrainte, ce qui peut modifier complètement la réponse nystagmique et provoquer un mauvais conditionnement pour les expériences ultérieures. Par contre, si l'animal est bien fixé, il reste tranquille pendant plusieurs heures. Il va de soi que la contention ne doit pas

être trop contraignante, car elle pourrait entraîner une congestion et limiterait la respiration, qui devient alors forcée. Un tremblement ou une contraction des pattes nous indiquent que la contention ou la position de l'animal ne sont pas optimales.

Stimulation

a) Appareillage

Nous avons utilisé, pour toutes nos expériences, un photostimulateur Grass, modèle PS 2, dont le flash électronique produit des stimuli lumineux blancs (Xenon) d'une durée de 10 micro-secondes.

Le stimulateur fournit 5 degrés d'intensité : I, II, IV, VIII et XVI; l'intensité maximale représente environ 16 fois l'intensité I et atteint $1,5 \cdot 10^6$ candela dans l'axe de la parabole à la distance de deux pieds. Une série de 3 filtres gris de 0,1, laissant passer 1/10 de l'intensité émise, nous a permis de réduire encore chaque degré d'intensité. La fréquence peut être variée de 1 à 100 flash par seconde.

b) Conditions de stimulation

Il s'agit d'une stimulation lumineuse monoculaire. L'animal fixé dans son hamac est placé dans une cage de Faraday insonorisée, entièrement obscurcie et noircie pour réduire au maximum les réflexions.

Le flash électronique se trouve en face de l'oeil stimulé

à une distance de 1 mètre. Cette dernière a été gardée constante pour presque toutes les expériences. La rétine de l'oeil stimulé est relativement uniformément éclairée par un diffuseur situé à 15 cm de l'oeil. Le diffuseur consiste en un écran de papier calque de 70 sur 50 cm.

Pour obtenir une stimulation rigoureusement monoculaire, nous avons recouvert l'oeil non stimulé d'un pansement occlusif, remplacé par la suite par un capuchon noir, ce qui s'est révélé préférable, l'animal pouvant garder les deux yeux ouverts.

Pour l'étude de la réponse nystagmique en fonction de la fréquence du flicker, le réglage standard du dispositif de stimulation était le suivant : intensité I sur le stimulateur et filtre gris de 0,1 devant le flash électronique. Dans ces conditions, un écarteur palpébral, ainsi qu'une dilatation pupillaire, se sont avérés superflus, les animaux ayant gardé l'oeil normalement ouvert. Le diamètre pupillaire, contrôlé à chaque expérience, pendant une stimulation était pratiquement constant (5 à 6 mm). La fréquence du flicker fut variée de 5 à 60 Hz par échelon de 5 Hz. Lorsque nous avons testé, à plusieurs reprises, la gamme de ces fréquences, nous l'avons parcourue une fois dans un sens, une fois dans l'autre.

Pour l'étude de la relation entre l'intensité de stimulation et la réponse nystagmique, nous avons varié l'intensité et maintenu constante la fréquence de stimulation. Nous avons

choisi la fréquence optimale pour l'animal étudié (fréquence déterminée dans les expériences antérieures).

Les intensités plus élevées (10 x 1 et 100 x 1) furent obtenues en rapprochant la source lumineuse de l'oeil. Les distances respectives furent calculées d'après des mesures photométriques.

L'augmentation successive de l'intensité lumineuse provoque un rétrécissement pupillaire, et, dépassé un certain niveau, elle entraîne une fermeture progressive de la fente palpébrale, due à l'éblouissement. Pour nous assurer des conditions constantes d'éclairement rétinien, nous avons dilaté la pupille de l'oeil avec un mydriatique⁽¹⁾ et mis en place un écarteur palpébral après avoir anesthésié cornée et conjonctive avec de l'oxybuprocaine à 0,4 %.

Afin d'éviter tout dessèchement de l'épithélium cornéen, qui provoque non seulement une réflexion et une diffraction de la lumière incidente à la surface cornéenne devenue irrégulière, mais encore un blépharospasme et des douleurs oculaires, nous avons instillé régulièrement dans l'oeil stimulé une solution de Méthylcellulose et de temps en temps de l'oxybuprocaine.

La durée de chaque stimulation était de 60 secondes. Un intervalle de 3 minutes, pendant lequel l'animal restait dans l'obscurité, le séparait de la stimulation suivante. Toujours

(1) N-aethyl-N-(-picolyl)-amide de l'acide tropique 0,5 %.

en respectant l'intervalle de 3 minutes, une stimulation de contrôle ou de référence précédait et suivait la stimulation "test". Cette façon de procéder nous a indiqué les variations de la réponse nystagmique à la stimulation standard au cours de l'expérience. Elle nous a renseigné en quelque sorte sur l'état de l'animal et sa réaction.

Enregistrement du nystagmus

Les mouvements oculaires ont été enregistrés à l'aide de la technique électronystagmographique, dont le principe a été décrit pour la première fois par Schott en 1922, puis en 1929 par Meyers.

Sous une forme plus perfectionnée décrite par Monnier (1951), elle est utilisée depuis cette date au laboratoire d'électronystagmographie de la clinique d'Oto-rhino-laryngologie de Genève (Montandon A. et Monnier M., 1951). Cette technique est basée sur le fait, connu depuis Kohlrausch (1931), que l'oeil représente par son potentiel cornéo-rétinien un dipôle électrique et que tout mouvement oculaire provoque un déplacement du vecteur électrique et par conséquent un changement dans la distribution du potentiel périoculaire. L'enregistrement de ces variations de potentiel se fait de la façon suivante :

Deux électrodes en argent chloruré sont fixées par une pâte conductrice sur la peau rasée et dégraissée, l'une directement au-dessus de l'angle nasal de la fente palpébrale,

l'autre juste en-dessous de l'angle temporal. Ainsi, elles se trouvent dans le même plan que les mouvements horizontaux de l'oeil, puisque la tête du lapin est légèrement inclinée en avant. Les variations des micro-tensions (10 à 100 microvolts) sont amplifiées par deux amplificateurs différentiels, l'un à couplage par condensateur (AC), l'autre à couplage direct (DC). Cette dernière méthode d'amplification a l'avantage de reproduire fidèlement dans certaines limites, les mouvements oculaires. Ceci est important pour l'étude de tout mouvement tonique de l'oeil. Les mouvements nystagmiques sont transcrits par un enregistreur à quatre canaux (Alvar, Praxigraph IV). Le premier canal sert à l'inscription en courant continu (DC); deux autres canaux sont utilisés pour l'enregistrement en courant alternatif (AC), la constante de temps étant alors respectivement de 0,3 et 1,5 secondes. Les stimuli lumineux sont enregistrés à l'aide d'une cellule photoélectrique sur le quatrième canal. Une déviation de l'oeil à droite est inscrite sur le tracé par une déflexion vers le haut, une déviation de l'oeil à gauche, par une déflexion vers le bas, selon la convention généralement admise (Franceschetti, Monnier, Montandon et Dieterle, 1960).

La direction du nystagmus est indiquée par sa phase rapide.

Au cours de toutes ces expériences, une observation directe des mouvements oculaires a toujours eu lieu.

Analyse des enregistrements nystagmographiques

Une analyse quantitative du nystagmus doit tenir compte :

- 1) Des paramètres de la stimulation, qui sont simples et de deux ordres :
 - a) la fréquence de stimulation
 - b) l'intensité de la stimulation.
- 2) Des paramètres de la réponse nystagmique, qui sont plus difficiles à définir.

La secousse nystagmique comprend deux phénomènes :

- a) une phase lente
- b) une phase rapide.

Il s'agit d'un phénomène périodique.

La périodicité peut être définie par la fréquence.

La secousse en elle-même peut être évaluée de plusieurs façons. On peut mesurer la pente de la phase lente et celle de la phase rapide, ainsi que leur durée. De la sorte, on a entièrement défini le mouvement diphasique.

En supposant que la durée de la phase rapide est à peu près constante, du moins dans la limite de nos mesures, on peut également décrire la secousse par la pente et la durée de la phase lente, ou encore par la durée et l'amplitude.

Pour des raisons de fidélité et de mesures, nous nous sommes attaché principalement à étudier les paramètres fréquentiels. Ceux-ci étant, en effet, indépendants des caracté-

ristiques des appareillages et des distorsions dues aux positions respectives des électrodes.

Nous avons apprécié la fréquence nystagmique par le nombre de battements par minute. Pour l'étude de l'évolution du nystagmus pendant et après la stimulation, nous avons mesuré la durée de la secousse, paramètre aisé à déterminer si ce n'est pour la secousse initiale et finale. En dernier lieu, nous avons étudié dans quelques cas la pente de la phase lente; ce paramètre a été évalué approximativement sur le tracé enregistré en courant continu (voir Fig. 1).

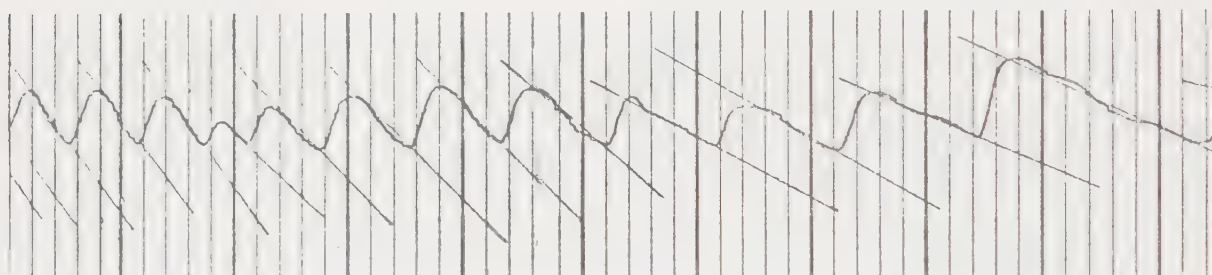


Fig. 1 montre notre façon d'évaluer la pente de la phase lente sur le tracé enregistré en courant continu.

Il s'agit là d'un procédé relativement arbitraire, mais qui nous a toutefois permis de nous faire une idée sur le phénomène.

Il est évident que l'amplitude et la forme de la phase lente sont conditionnées par l'appareillage. Dans notre technique, déjà au niveau des électrodes fixées sur la peau, un certain nombre de facteurs perturbateurs peuvent s'introduire :

- 1) Mouvements des paupières et ceux du museau. Ils entraînent un déplacement des électrodes dans le champ électrique péri-orbitaire, provoquant ainsi des changements de potentiel au niveau des électrodes.
 - 2) Dessèchement de la pâte conductrice ou mauvais contact de l'électrode avec la peau (décollement partiel de l'électrode, peau mal rasée ou mal nettoyée). Ils occasionnent une augmentation de la résistance et par conséquent un mauvais fonctionnement de la chaîne d'amplification de l'enregistreur, dû à une impédance d'entrée trop grande.
 - 3) Localisation des électrodes par rapport au plan du mouvement oculaire. Un mouvement de la tête (par exemple mouvement tonique ou nystagmus céphalique accompagnant le nystagmus oculaire) peut modifier ce rapport.
- D'autres facteurs sont liés au système d'enregistrement.
- 4) La plume du courant continu peut être décentrée par la dérive (inconvenient de l'amplification par couplage direct)

et puisque chaque plume dispose d'une plage d'excursion limitée (environ 20 mm), l'amplitude sera partiellement amputée. Sur le tracé, la phase lente montre alors un aplatissement de la partie inférieure ou supérieure.



- 5) Ce genre d'enregistrement nécessite toujours un filtrage des fréquences situées en-dessus d'une vingtaine de hertz, parfois même, on doit descendre plus bas. Les fréquences élevées étant coupées, les sommets du tracé de chaque secousse seront donc plus ou moins arrondis (décomposition de Fourier).

Une extrapolation de l'amplitude est possible dans les deux derniers cas, mais nous nous sommes abstenu de le faire.

Appareillage d'enregistrement et de sommation de l'ERG

L'électrode active est constituée par une aiguille courbe très fine, fixée près du limbe dans les couches superficielles de la cornée anesthésiée. L'électrode de référence est placée sous la peau du front, entre les deux yeux.

Les réponses sont amplifiées par un préamplificateur à haute sensibilité, Tektronix type FM 122.

La sommation des réponses électrorétinographiques est effectuée par un computer Biomac 1000.

Le réglage de l'appareil était le suivant :

Sommation de 128 réponses

Temps de passage : 320 msec.

Counts / address : 1024.

Le résultat de la sommation est transcrit sur papier millimétré par une table XY.

Stimulation par un éclairage continu

Pour étudier l'effet d'une stimulation par une lumière continue, nous avons utilisé un capuchon noir doté d'une petite ampoule type 6,3 Volt/2 Watt alimentée par 4 Volt (technique semblable à celle employée par Bergmann, 1965 a, b).

Représentation graphique des résultats

Pour l'établissement de nos courbes, nous nous sommes trouvé devant le fait que les valeurs des réponses à la stimulation de référence qui encadre les "valeurs tests" montrent une certaine variabilité.

Nous nous sommes demandé si le fait de tenir compte de cette variabilité risquait de modifier essentiellement la forme de la courbe. Nous avons effectué les calculs pour un certain nombre de courbes, et nous nous sommes aperçu que les corrections apportées étaient suffisamment minimales pour ne pas changer l'allure générale de la courbe.

Résultats obtenus par stimulation lumineuse
intermittente chez deux groupes d'animaux.

No du lapin	Ordre de stimulation	Côté stimulé	Durée de stimulation (en sec.)	*Latence (en sec.)	Nb. de batt./min. et leur direction	**Durée tot. des batt. (en sec.)	Après la stimulation (dans l'obscurité)	
							Latence	Nb. de batt. et leur direction
201	1e	D	120		-			-
	2e	G	120		-			-
202	1e	D	120		-		2	1 G
	2e	D	180	4	2 D	34	13	6 G
	3e	G	180	7	8 G	170	19	2 D
	4e	D	180	93	4 D	26		-
	5e	G	180		-			-
203	1e	D	180		-			-
	2e	G	180		-			-
204	1e	D	120		-			-
	2e	G	120		-			-
205	1e	D	180		-			-
	2e	G	180		-			-
206	1e	D	120	13	1 D			
	2e	G	180	38	10 D	140		
	3e	D	180	10	2 D	50		
	4e	G	180	50	8 D	115		
207	1e	D	120	78	2 G	25		-
	2e	G	180	46	13 D	113		-
	3e	D	180		-			-
	4e	G	120		-			-
	5e	G	300	100	13 D	195		-
	6e	D	420	77	65 G	331		-
	7e	D	420	83	21 G	319	2	7 G

* Latence = temps écoulé entre le début de la stimulation et la première secousse (phase rapide). En réalité le mouvement nystagmique commence par une phase tonique, que nous avons incluse dans la "latence" pour des raisons pratiques.

** Durée totale des battements = temps écoulé entre la première et la dernière secousse.

Tableau 1.

No du lapin	Ordre de stimulation	Côté stimulé	Durée de stimulation (en sec.)	*Latence (en sec.)	Nb. de batt./min. et leur direction	**Durée tot. des batt. (en sec.)	Après la stimulation (dans l'obscurité)	
							Latence	Nb. de batt. et leur direction
208	1e	D	180	9	12 D	116		
	2e	G	180		-			
	3e	D	120	12	2 D	18		
	4e	G	120		-			-
	5e	D	120		-			-
	6e	G	120		-			-
209	1e	D	180		-			
	2e	G	180	43	3 D	115		-
	3e	D	180		-			
	4e	G	180	41	9 D	123	3	1 D
	5e	G	210	32	10 D	156	4	2 D
	6e	D	180		-			-
	7e	G	180		-			-
	8e	D	150		-			-
	9e	D	100	34	1 G			
	10e	G	340	54	53 D	283		-
	11e	D	360	50	38 G	293	50	1 D
210	1e	D	180		-			-
	2e	G	180		-			-
211	1e	D	180		-			-
	2e	G	180		-			-
212	1e	D	120		-			-
	2e	G	120		-			-
213	1e	D	180		-			-
	2e	G	180		-			-
214	1e	D	180		-			-
	2e	G	180		-			-

Tableau 2.

Tableau 3.

No du lapin	Ordre de stimulation	Côté stimulé	Durée de stimulation (en sec.)	*Latence (en sec.)	Nb. de batt./min. et leur direction	**Durée tot. des batt. (en sec.)	Après la stimulation (dans l'obscurité)	
							Latence	Nb. de batt. et leur direction
215	1e	D	180		-			-
	2e	G	140	11	6 G	55		-
216	1e	D	90	20	2 D	32	13	-
	2e	D	120	10	9 D	110		1 G
	3e	G	180	11	11 G	26		-
	4e	D	180	9	8 D	25	2	-
	5e	G	150	9	22 G	51		6 D
	6e	D	120	8	15 D	82		-
	7e	D	180	2	18 D	50		-
	8e	G	130	7	16 G	33		-
	9e	D	160	14	6 D	66		-
	10e	D	120	20	3 D	98		-
	11e	G	170	2	32 G	48		-
	12e	D	150	11	9 D	120		-
	13e	G	60	16	12 G	24		-
	14e	G	140	6	16 G	33		-
	15e	D	140	19	2 D	21		-
	16e	G	120	8	8 G	20		-
	17e	G	90	6	19 G	33		-
	18e	D	120	14	5 D	14		-
217	1e	D	180		-			-
	2e	G	180		-			-
1063	1e	D	60	9	5 D	40		-
	2e	D	90	12	7 D	76		-
	3e	D	60		-			-
	4e	D	60		-			-
	5e	G	220	23	6 G	185		-
	6e	G	90	-				-
219	1e	D	180	-				-
	2e	G	180	-				-
220	1e	D	180	-				-
	2e	G	180	-				-

Les conditions de stimulation, pour cette première série d'animaux, étaient les suivantes :

- Fréquence de stimulation : 25 flash/sec.
- Réglage de l'intensité du stimulateur à intensité 1 ou 2.
- Le flash électronique se trouvait à 1 m. de l'oeil stimulé et un écran diffuseur à 15 cm. de ce dernier (occlusion de l'oeil non stimulé).

Chez les lapins Nos 206 et 208, nous n'avons pas pu pratiquer d'enregistrement; les éléments essentiels (latence, nombre de battements, leur durée totale et leur direction) ont été déterminés par une observation directe.

Sur les vingt animaux pigmentés, 8 (40 %) ont répondu à la stimulation photique avec des mouvements nystagmiques typiques.

Intensité de la réponse : De ces 8 lapins, un seul (No 216) présentait un nystagmus d'intensité moyenne jusqu'à 32 battements par minute et une fréquence maximale de 1/sec. Chez les 7 autres, la réponse était faible.

Mouvements nystagmiques ipsiversifs : Chez 5 animaux (25 %), lapins Nos 202, 208, 215, 216 et 1063, la direction des battements nystagmiques était ipsiversive par rapport au côté stimulé, c'est-à-dire que la stimulation de l'oeil droit par exemple a provoqué des battements nystagmiques à droite. De ces animaux, 4 répondaient faiblement - 1 à 6 battements par min. Il ne s'agit pas là d'un nystagmus proprement dit, mais de secousses isolées se

produisant à intervalles irréguliers.

La latence, dans ces cas, variait entre 4 et 23 secondes et durait en moyenne 11 secondes, à une exception près (lapin No 202).

Mouvements nystagmiques contraversifs : Chez 2 animaux (10 %), la stimulation provoquait régulièrement des secousses dans le sens inverse. Les tracés de ces deux sujets présentent certaines particularités :

- a) Latence extrêmement longue, de 32 à 100 secondes, avec une moyenne de 56 secondes.
- b) Apparition de mouvements nystagmiques suivis (enregistrement en courant continu).
- c) Fréquence du nystagmus relativement régulière, ne dépassant pas 12 à 13 battements par minute.
- d) Longue phase lente jusqu'à une durée de 16 secondes et de vitesse très régulière.
- e) Le nystagmus ne s'épuise pas pendant la stimulation (enregistrement du nystagmus pendant 5 et 6 minutes respectivement).

Chez le lapin No 206, les mouvements nystagmiques avaient toujours la même direction, quel que soit le côté stimulé. La latence pour le nystagmus de direction inverse est également très longue.

Par ailleurs, nous constatons quelquefois des secousses

nystagmiques isolées qui se produisent après l'arrêt de la stimulation; ces secousses battent dans le sens opposé par rapport à la direction des mouvements pendant la stimulation (lapins Nos 202, 209 et 216). Il s'agit donc d'un retournement du phénomène. D'autre part, nous remarquons que pour un animal donné, toutes les stimulations ne sont pas accompagnées de mouvements nystagmiques, même si le sujet a répondu au préalable.

No du lapin	Nombre de battements/min. pour la fréquence optimale de stimulation
1101	0
1102	15 - 18
1103	7 - 17
1104	17 - 27
1105	0 - 4
1106	0 - 5
1107	0 - 5
1108	11 - 33
1109	22 - 41
1121	37 - 73
1122	57 - 110
218	2 - 5

Stimulation lumineuse intermittente

chez 12 lapins albinos

Tableau 4.

Les conditions de stimulation pour ce groupe d'animaux albinos étaient les suivantes :

Fréquence de stimulation : fréquence optimale pour chaque animal, déterminée au préalable. Intensité 1 du flash réduite à 1/10 par un filtre gris (0,1). Distance flash-oeil : 1 m. Ecran diffuseur à 15 cm de l'oeil, occlusion de l'oeil non stimulé.

Sur 12 animaux albinos, 11 (92 %) ont réagi positivement à la stimulation lumineuse, par des battements nystagmiques. La direction du nystagmus était toujours ipsiversive pour la fréquence optimale de stimulation.

4 animaux (33 %) ont répondu faiblement, 1 à 5 battements pendant une stimulation d'une durée de 60 secondes. Ces battements se produisaient sporadiquement à des intervalles irréguliers, quelquefois même les sujets de ce groupe n'ont pas répondu du tout à la stimulation.

Chez 4 animaux (33 %), la réponse est d'intensité moyenne et atteint 15 à 35 battements au maximum. Dans ces cas, le nystagmus s'épuise généralement avant la fin de la stimulation.

3 animaux (25 %) répondent régulièrement avec un nystagmus de forte intensité jusqu'à 41, 90 et 140 battements par minute respectivement, et la fréquence maximale atteint 3 secousses par seconde. Ici, le mouvement nystagmique ne s'épuise que rarement pendant la stimulation. Il est suivi, à l'arrêt de cette dernière, d'un post-nystagmus de même direction.

Chez l'animal sans contrainte, le nystagmus photique peut être accompagné d'un nystagmus céphalique. Nous n'avons pas observé de mouvements de manège.

Lorsque la stimulation est maintenue pendant une période prolongée, on peut obtenir chez ces animaux un nystagmus continu (enregistré jusqu'à une durée de 12 minutes) et qui bat avec

une fréquence très régulière et élevée - fréquence qui n'atteint cependant pas l'intensité de la période de culmination.

Ayant obtenu de meilleurs résultats avec les albinos, nous avons poursuivi nos expériences uniquement avec ces animaux. Sur ce point, nos observations sont en désaccord avec celles de Costin et coll. (1965 b) qui estiment les lapins albinos réfractaires.

DISCUSSION

Les chiffres concernant les pourcentages et la fréquence de la réponse nystagmique donnés pour les deux groupes d'animaux ne sont pas comparables entre eux, ceci pour les raisons suivantes :

- 1) Les paramètres de stimulation pour les deux groupes ne sont pas les mêmes.

Les animaux pigmentés ont été testés avec une seule fréquence (25 flashes par seconde) et une intensité lumineuse dix fois plus forte. Nous nous sommes aperçu par la suite que chaque animal ne répond que dans un domaine fréquentiel limité et possède une fréquence optimale qui peut varier d'un animal à l'autre entre 20 et 40 flashes par seconde. D'autre part, il existe également une intensité optimale qui a été dépassée de toute vraisemblance pour la première série. Ceci nous amène à conclure que pour les animaux pigmentés, les conditions de stimulation n'ont pas été optimales et que par conséquent un plus petit nombre a répondu à la stimulation et l'intensité de leur réponse était en général plus faible.

- 2) Le nombre de stimulations par animal était pour la majorité des sujets pigmentés nettement inférieur au nombre de stimulations subi par les albinos. Etant donné que pour un animal étudié dans des conditions identiques de stimulation

il existe des variations de la réponse dans le temps, les animaux à faible réponse, comme nous l'avons souvent constaté, peuvent ne pas réagir à une ou plusieurs stimulations consécutives.

- 3) Les deux groupes d'animaux sont génétiquement différents et se distinguent principalement par la pigmentation. Ce facteur peut, entre autres, avoir une importance pour la physiologie de l'oeil. Ainsi, par exemple, plusieurs auteurs considèrent que pour l'homme l'ERG des albinos à une amplitude plus grande que chez le sujet normal (Dodt, Copenhaver et Gunkel, 1959; Straub, 1961; Krill et Lee, 1963).

Quelques remarques générales sur le nystagmus provoqué par

stimulation lumineuse intermittente (nystagmus photique)

L'expérience nous a montré que le phénomène du nystagmus photique n'est pas un mécanisme aussi rigoureux que, par exemple, celui du nystagmus vestibulaire. La façon de répondre à une stimulation au flicker semble au premier abord aléatoire, ceci pour deux raisons majeures :

- 1) Il est important de respecter des paramètres de stimulation bien définis, paramètres dont l'étude fait partie de ce travail.
- 2) De nombreux facteurs indépendants de la stimulation peuvent intervenir au cours de l'expérience et modifier sensiblement la réponse.
 - a) Ce sont des stimuli qui apparaissent d'une façon inattendue. Stimuli auditifs, visuels, tactiles ou douloureux. Ils peuvent réveiller un nystagmus déjà épuisé ou pas encore déclenché.
 - b) D'autres facteurs, au contraire, ont un effet inhibiteur sur la réponse nystagmique. Ce sont des afférences qui influent d'une manière chronique sur les centres nerveux en question (douleur, soif, limitation respiratoire).
 - c) Il nous semble important que la paupière de l'oeil non stimulé reste ouverte pour la raison, bien connue, que

sa fermeture peut supprimer le nystagmus, comme l'ont démontré, par exemple, Krieger et Bender (1956) dans une étude du post-nystagmus optocinétique. C'est pourquoi nous avons remplacé le pansement occlusif par un capuchon noir.

Malgré toutes les précautions prises au cours de nos expériences, nous avons constaté très fréquemment, chez le même sujet, des fluctuations de la réponse nystagmique, ce qui nous a obligé quelquefois à interrompre l'expérience. Ces variations de la réponse ont porté aussi bien sur la fréquence que sur les modalités d'apparition du phénomène. Nous pouvons nous rendre compte des fluctuations de la réponse à l'aide de la stimulation de contrôle dont nous avons toujours rapporté les valeurs dans nos tableaux.

Signalons encore que malgré un nombre très élevé de stimulations (2 animaux ont été stimulés plus de 300 fois au cours de 3 mois), nous n'avons toutefois pas observé chez nos animaux de diminution durable de la réponse nystagmique, comme on peut d'ailleurs le constater sur les tableaux 5 à 12.

Si la réponse nystagmique diminue au cours de l'expérience, il y a quelquefois moyen de recréer les conditions optimales de la réaction :

- en stimulant alternativement un oeil puis l'autre,

- en stimulant le même oeil alternativement avec une fréquence inhibitrice et une fréquence activatrice;
- en stimulant avec la fréquence optimale de l'animal étudié.

Précisions sur certains mouvements toniques
apparaissant au cours du nystagmus photique
et enregistrés en courant continu.

LATENCE ET PHASE INITIALE

Le mouvement initial du nystagmus photique est une phase tonique. Il n'y a donc pas d'exception à la règle générale qui veut que le nystagmus de toute autre origine (vestibulaire, centrale, optocinétique) débute par une phase lente.

Cette dernière n'est reproduite fidèlement que sur les enregistrements en courant continu ou sur l'ocilloscope. Sur le tracé enregistré en courant alternatif, le mouvement tonique initial se confond avec la latence.

Chez le lapin, la phase initiale peut être très longue et durer 16 secondes, si ce n'est davantage encore. Mais dépassé cette durée, la pente de la phase lente devient trop faible, même si l'amplitude est grande, et on ne peut plus déterminer avec précision le début du phénomène.

La première phase lente commence habituellement après une latence plus ou moins longue. Parfois le mouvement oculaire débute avec la stimulation. En réalité, toute réponse à une stimulation est précédée d'un temps de latence, mais cette dernière peut être d'une durée d'une fraction de seconde.

La Fig. 2 montre sur trois tracés la période initiale, enregistrée simultanément en courant continu (tracés du haut) et en courant alternatif (tracés du bas). Sur le premier, en courant continu, la latence dure 1,3 seconde et la phase tonique qui suit, 1,6 seconde.

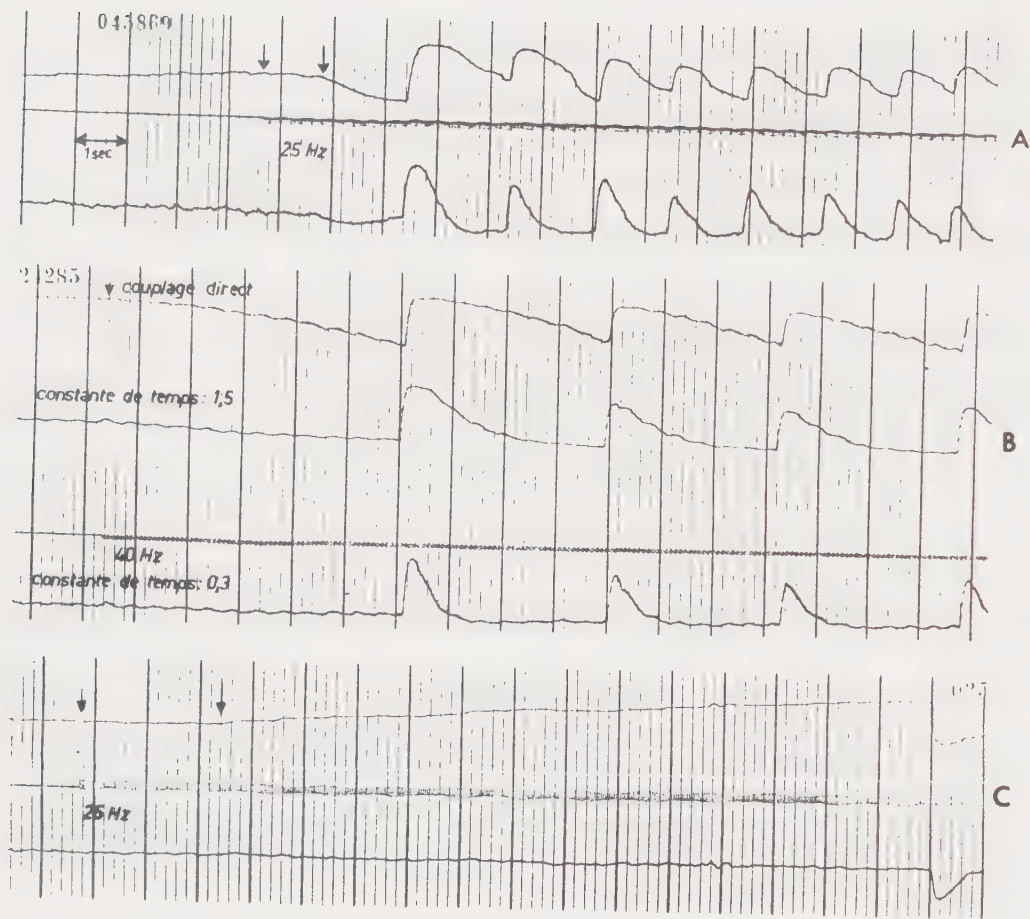


Fig. 2 Latence et phase initiale.
Tracé de 3 animaux différents. Stimulation à la fréquence optimale pour chaque animal.

Sur le deuxième enregistrement, la phase tonique débute sans latence avec la stimulation et évolue pendant 5,7 secondes. Sur le même enregistrement, mais en courant alternatif, cette phase se présente comme un temps de latence qui serait plus long encore que dans le premier cas.

Le troisième tracé reproduit une phase initiale très longue. Le temps de latence est le double de celui déterminé sur le premier tracé, tandis que la phase lente est 8,5 fois plus longue.

Dans ces trois cas, il s'agissait de 3 animaux différents stimulés avec leur fréquence optimale.

MOUVEMENTS TONIQUES DIPHASIQUES

Le nystagmus peut se terminer par une secousse rapide ou par un mouvement tonique. Dans ce dernier cas, l'oeil effectue un aller et retour lent (Fig. 3). (Ce phénomène est bien connu pour le nystagmus provoqué par stimulation pendulaire.) Nous ne pouvons toutefois pas affirmer que le mouvement final soit un mouvement de centrage.

Nous avons observé dans d'autres conditions également qu'un mouvement tonique provoqué par une stimulation n'est pas nécessairement suivi d'une secousse rapide, mais d'un retour lent :

- 1) Lorsque la stimulation est infraliminaire.
- 2) Lorsque la stimulation est liminaire ou supraliminaire et qu'il y a interruption de la stimulation avant qu'une phase rapide puisse se produire.

Dans ces deux cas, on voit alors dévier lentement les deux yeux vers le côté opposé à la stimulation et atteindre parfois une grande amplitude sans qu'une secousse rapide les ramène à leur position primaire. Après un certain temps de latence, les yeux décrivent un mouvement lent de retour. Pendant la latence, les yeux semblent rester immobiles dans leur position déviée.

- 3) Lorsqu'un oeil est stimulé alternativement avec une fréquence activatrice et une fréquence inhibitrice et que

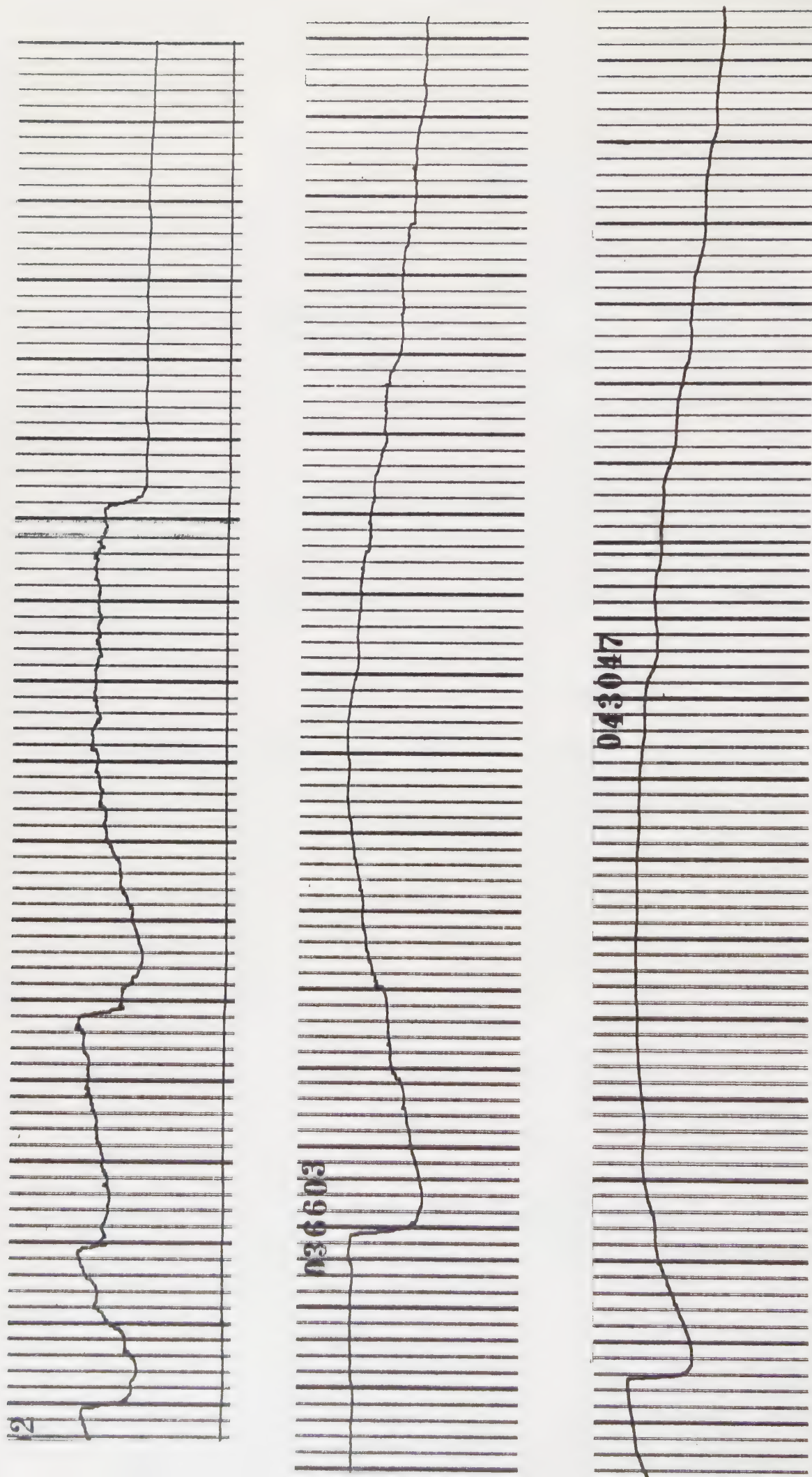
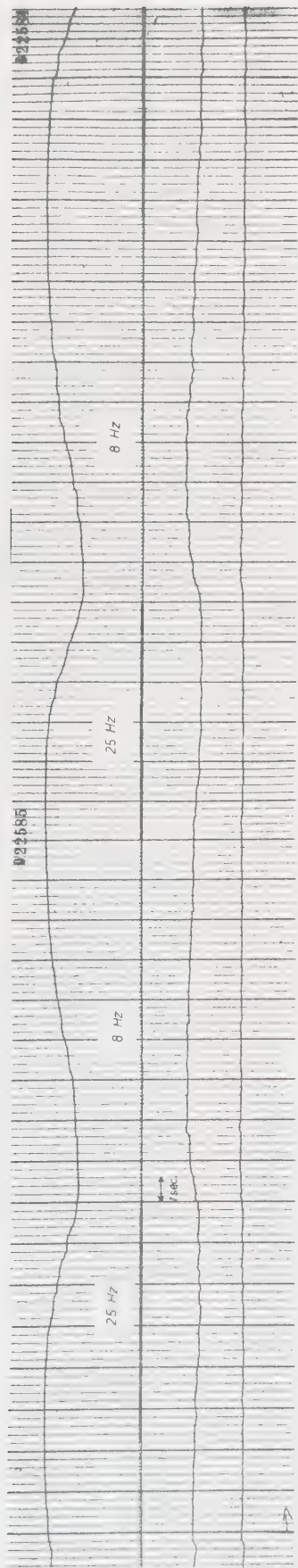


Fig. 3 Le nystagmus peut se terminer par une secousse rapide ou par un mouvement tonique biphasique.

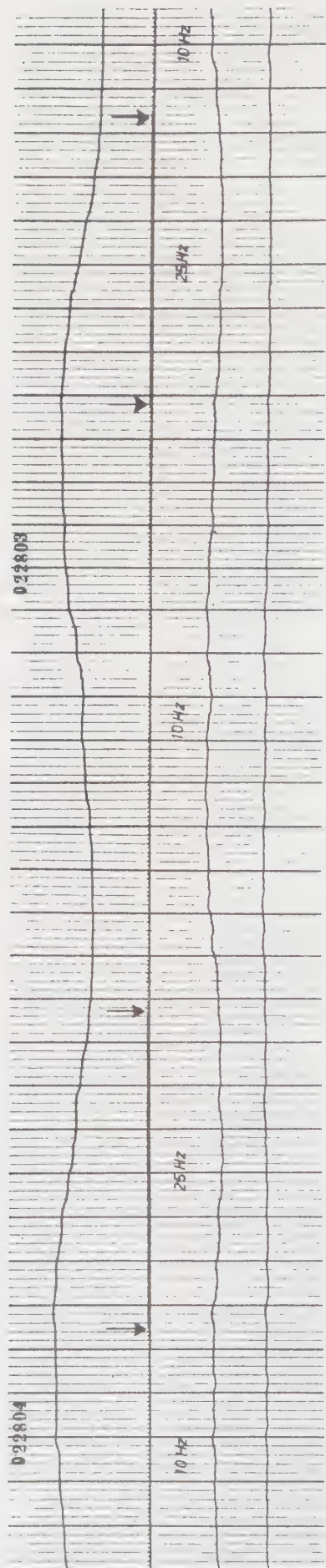
le changement de la fréquence intervient avant le déclenchement d'une secousse rapide : on peut observer là aussi un mouvement tonique biphasique isolé; par répétition de ce procédé, les yeux peuvent être amenés à faire des mouvements pendulaires (Fig. 4).

Contrairement aux deux cas précédents où le retour s'effectue par quelque mécanisme réflexe, il est provoqué ici par une stimulation. Il s'agit là d'un phénomène très particulier; en effet, on l'obtient en stimulant un seul oeil, ce qu'une excitation électrique de la voie optique homologue (correspondante) ne semble jamais réussir. Elle fait apparaître des mouvements nystagmiques toujours de même direction pour toutes les fréquences.

Retournement du mouvement tonique lors du changement de la fréquence de stimulation



Lapin 1109



Lapin 1109

Fig. 4 Mouvements toniques biphasiques provoqués par un changement de la fréquence de stimulation.

LE RETOURNEMENT DU NYSTAGMUS

Sur les graphiques qui mettent en relation la réponse nystagmique et la fréquence de stimulation, ainsi que la réponse et l'intensité de stimulation, un fait intéressant attire l'attention : à l'une ou aux deux extrémités de ces courbes, on note presque régulièrement des battements nystagmiques de direction opposée. Tout se passe comme s'il y avait une stimulation de l'autre côté. Nous avons étudié ce phénomène plus particulièrement chez trois animaux (1103, 1121, 1122). Ces expériences nous ont révélé qu'il est possible de provoquer un retournement du nystagmus si au cours d'une stimulation on change simplement la fréquence du flicker (Fig. 5). Pour cela, il faut faire suivre deux stimulations dont les fréquences montrent sur les courbes précitées des effets opposés. Le retournement du nystagmus peut être obtenu ainsi dans les deux sens et dépend uniquement de l'ordre dans lequel les stimulations à ces deux fréquences se suivent, mais l'inversion prend plus de temps si le changement de la fréquence intervient pendant un nystagmus ipsiversif, car ~~si~~ le nystagmus de direction inverse se déclenche en général seulement après une longue latence (constatation que nous avons déjà faite chez les animaux pigmentés).

Nous retrouvons le phénomène du retournement du nystagmus également :

- 1) après une stimulation (fait observé aussi chez les lapins pigmentés;

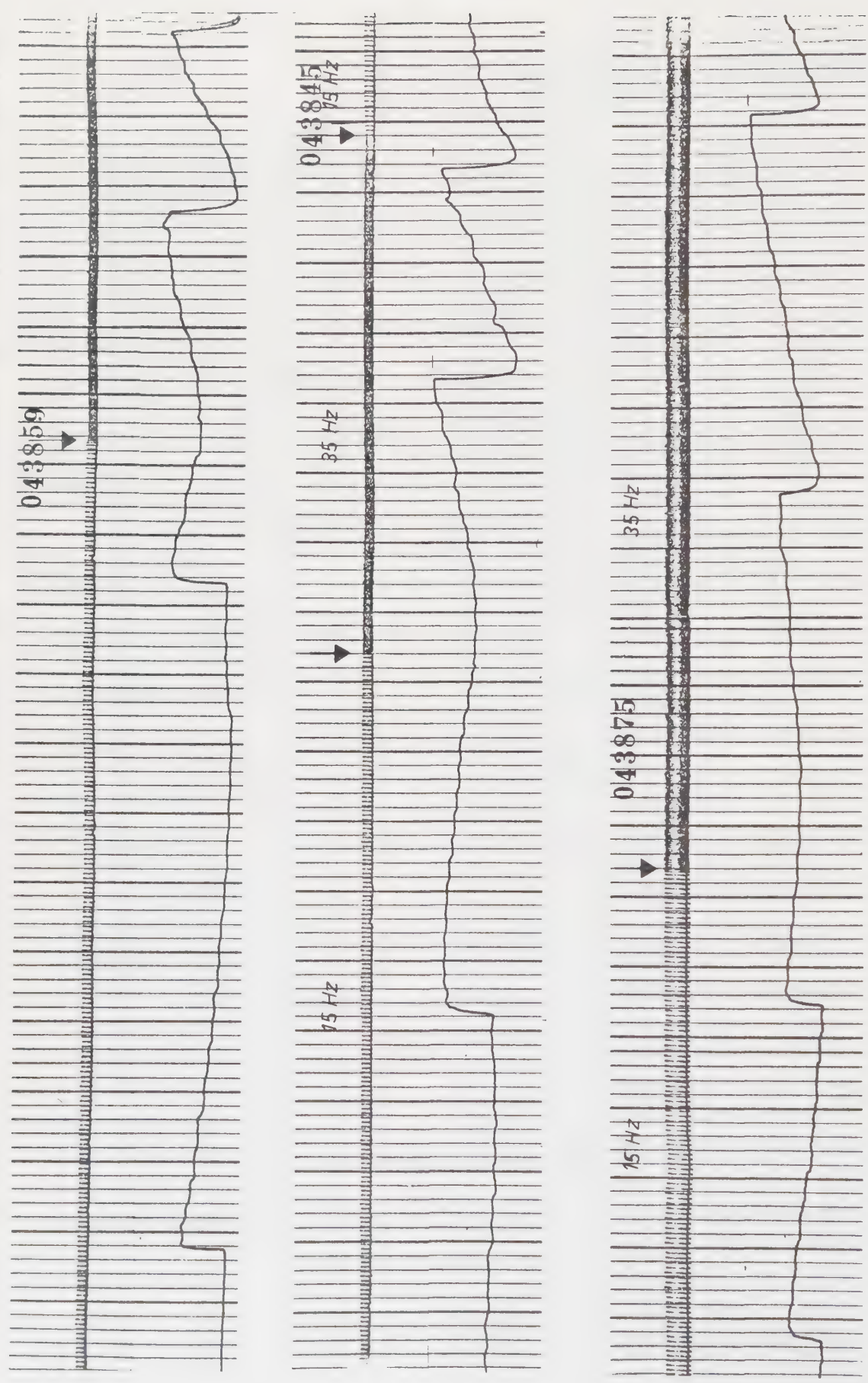


FIG. 2

2) pendant une stimulation photique de longue durée.

Dans ces cas, le retournement se produit d'autant plus facilement que les paramètres de stimulation s'éloignent des conditions optimales (intensité lumineuse trop grande, fréquence supérieure ou inférieure à la fréquence optimale).

Bergmann et coll. (1966) observent lors de stimulations combinées (stimulation électrique de la voie optique et stimulation au flicker de l'oeil hétérologue) que si la fréquence du flicker est réduite à 15 flashes par seconde ou moins, l'effet s'avère inverse.

Relation entre la fréquence de stimulation et la
fréquence de la réponse nystagmique.

ETUDE STATISTIQUE

Notre étude de la relation entre les paramètres de la stimulation et les paramètres de la réponse nystagmique a porté premièrement sur le rôle de la fréquence du stimulus.

Les Fig. 6 et 7 nous montrent les réponses à différentes fréquences de stimulation. Les courbes des Figures 8 à 18 représentent la fréquence de la réponse nystagmique en fonction de la fréquence de stimulation, tandis que les tableaux nous donnent les valeurs expérimentales. Nous constatons une augmentation de la réponse avec l'augmentation de la fréquence de stimulation. Cette réponse passe par un maximum, puis elle décroît. Ceci semble nous indiquer que pour un animal donné il existe une fréquence optimale de stimulation.

5 animaux ont été soumis à 4 séries de stimulations (voir tableaux 8 à 12).

Nous avons établi pour chaque série une courbe (Fig. 19) où nous avons déterminé la fréquence optimale et le niveau de la réponse pour cette fréquence. Les valeurs respectives sont exprimées dans le tableau 13. Nous constatons premièrement que cette fréquence optimale est peu variable dans le temps pour un animal donné et dans les mêmes conditions expérimentales. Une analyse de variance faite sur ces résultats montre que le coefficient de variation pour un animal dans le temps est de l'ordre de 0,05 (0,046 : coefficient intraclasses). La variabilité est donc très faible.

Deuxièmement, nous voyons qu'il existe des variations entre animaux (coefficient de variation interclasse : 0,54). Le test de F. montre que cette variation entre animaux est hautement significative.

Nous en concluons que si la fréquence optimale change d'un animal à l'autre, elle ne varie cependant que très peu pour un animal donné; elle est donc spécifique pour l'individu étudié.

Nous remarquons également que la réponse maximale atteint toujours à peu près le même niveau chez l'animal. Ces courbes rappellent en effet un phénomène de résonance. Nous avons vérifié s'il n'existait pas une sorte de relation entre la fréquence optimale de stimulation et le niveau de la réponse pour cette fréquence. Nous avons obtenu une corrélation de 0,46. Compte tenu des conditions expérimentales, nous pouvons affirmer avec une certitude de 98 % que ce coefficient est différent de 0. La manière de répondre d'un animal est donc chaque fois semblable, ce qui représente encore une spécificité de la réponse. Elle peut être aiguë ou plus ou moins amortie.

LAPIN ALB. N° 1122 Réponse nystagmique pour différentes fréquences de stimulation (O.D.)

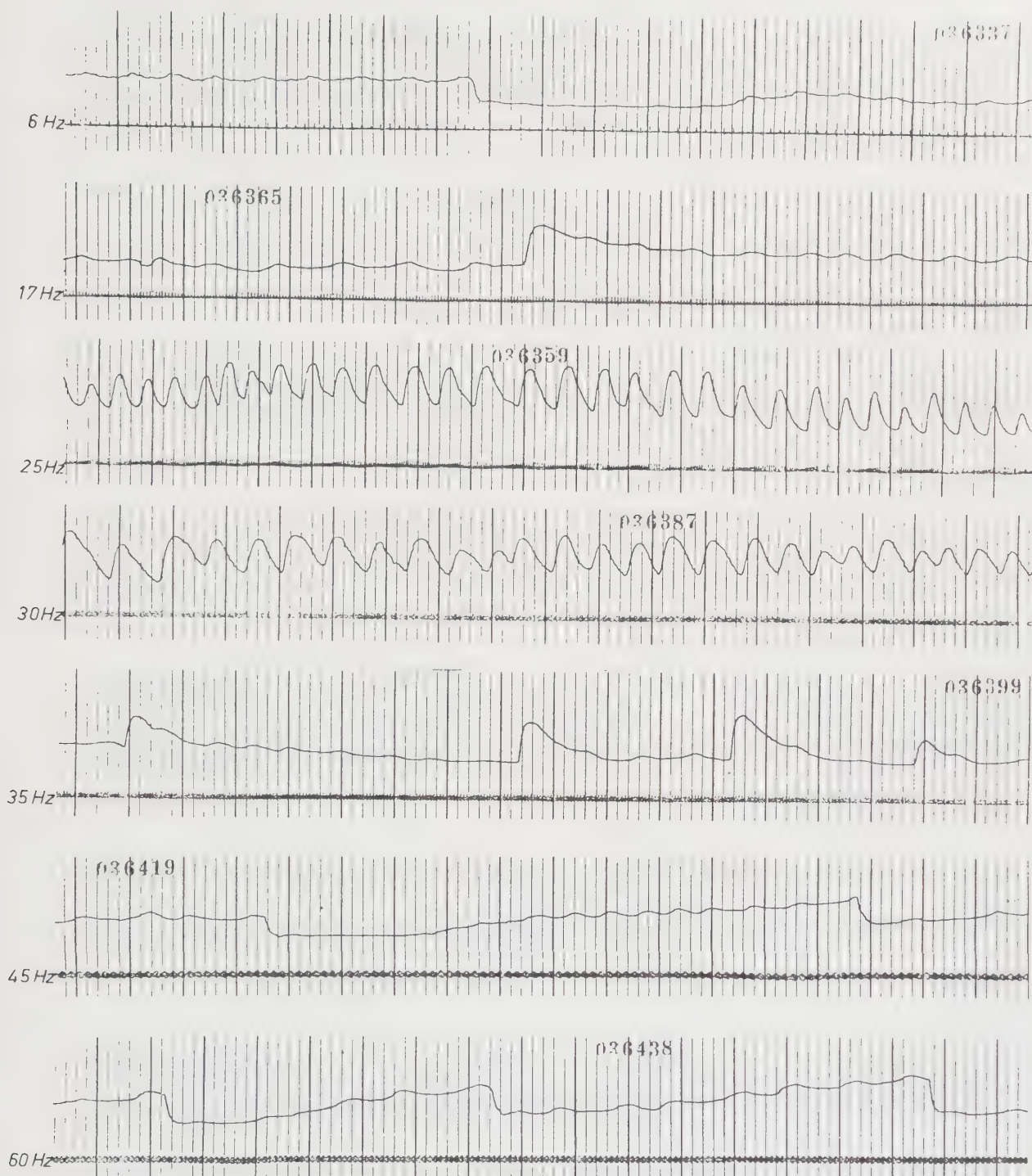


Fig. 6 Les tracés représentent la période entre la 20ème et la 40ème seconde de la stimulation, période pendant laquelle le nystagmus atteint en général sa fréquence maximale. Nous remarquons qu'un nystagmus ipsiversif se produit seulement dans un domaine fréquentiel limité de la stimulation (entre 17 et 45 Hertz); au-delà de ce domaine elle provoque des mouvements nystagmiques dans le sens inverse.

LAPIN AIB N°1027 Réponse systolique pour différentes fréquences de stimulation (en c.)



Fig. 7 Voir légende de la Fig. 6.

LAPINS ALBINOS Nos 1108 ♂ 1109 ♀ 1121 ♀
stimulation oeil droit

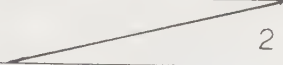
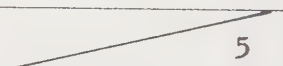
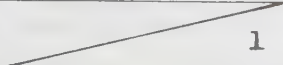
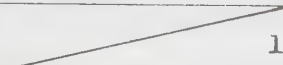
Fréquence de stimulation	Nombre de battements par minutes		
	Lapin No 1108 17.11.68	Lapin No 1109 16.11.68	Lapin No 1121 13.10.68
20 Hz	14		
*		29	
5 Hz	 2	 5	
*	11	28	15
10 Hz	 2	 1	 2 1
*	15	33	19
15 Hz	7	0	 5
*		28	38
20 Hz	14	6	6
25 Hz	8	31	49
*	15		
30 Hz	2	24	33
*	25	34	28
35 Hz	6	11	12
*	22	41	56
40 Hz	3	6	25
*	18	22	57
45 Hz	3	0	13
*	25	34	38
50 Hz	1	0	22
*	33	26	48
60 Hz	 1	 1	12
*	24		
70 Hz			 6 2

Tableau 5

Nombre de battements
par minute

Lapin 1108 ♂ albinos
Stimulation oeil droit

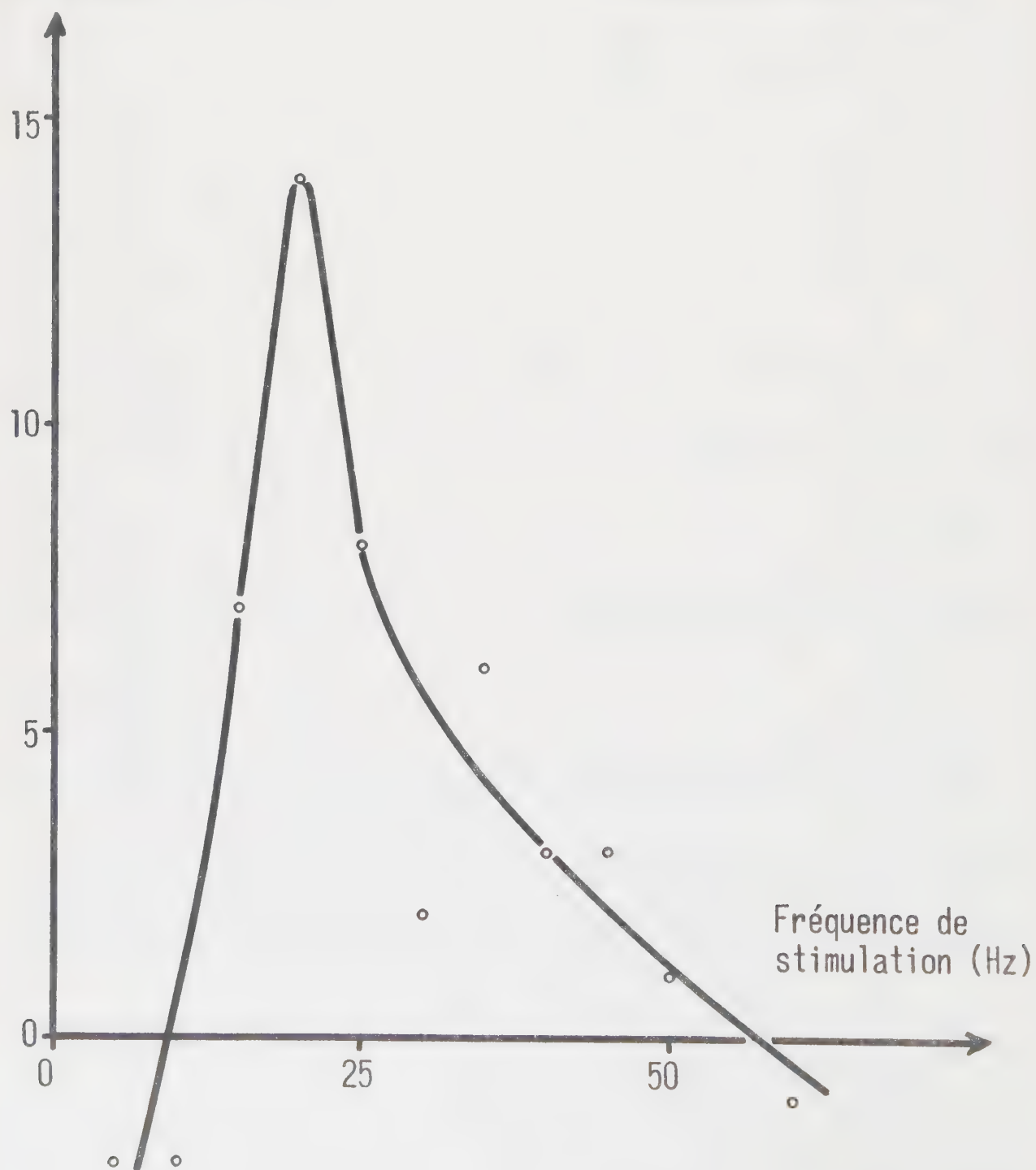


Fig. 8

Nombre de battements
par minute

Lapin 1109 ♀ albinos
Stimulation oeil droit

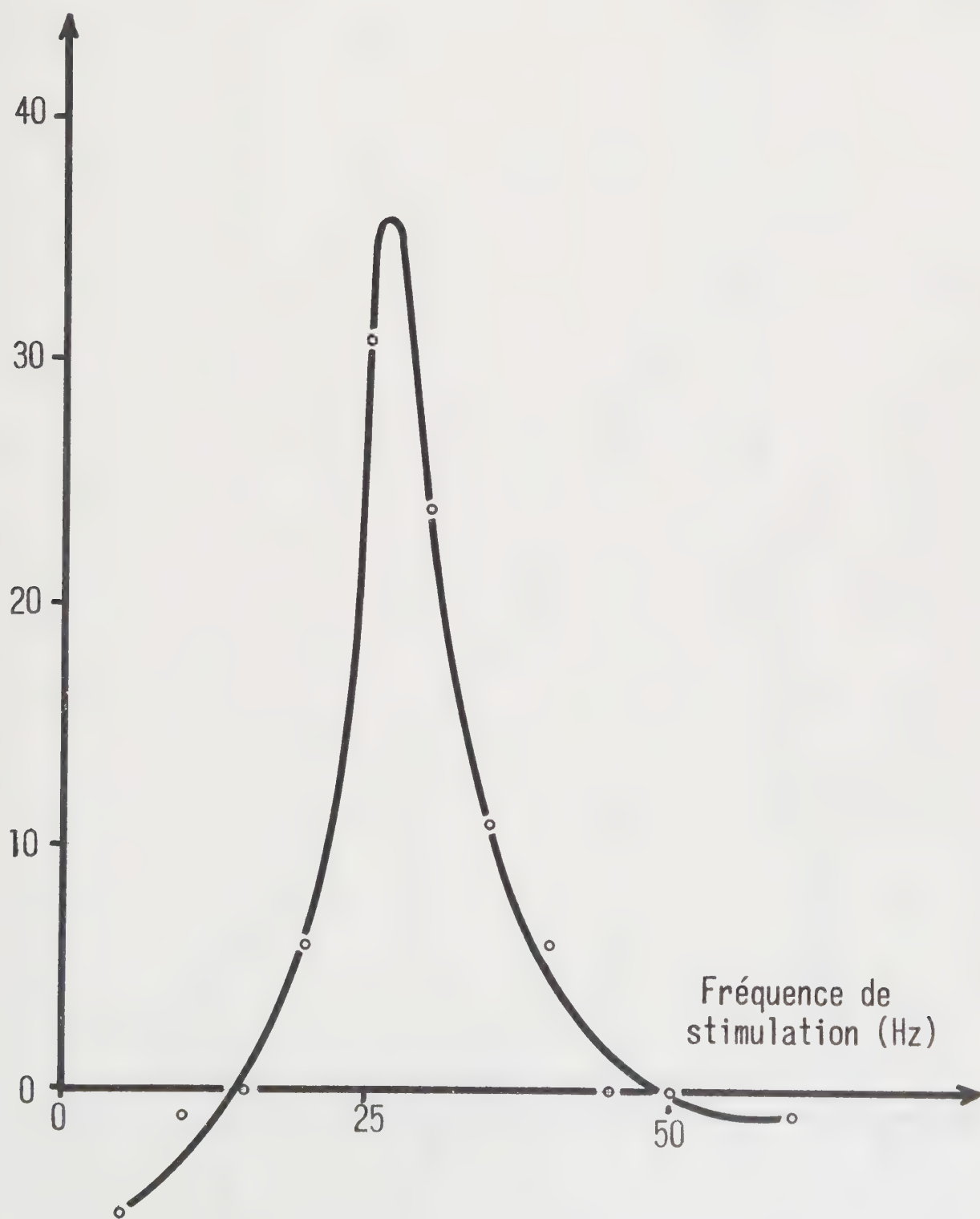


Fig. 9

Nombre de battements
par minute

Lapin 1121 ♀ albinos
stimulation oeil droit

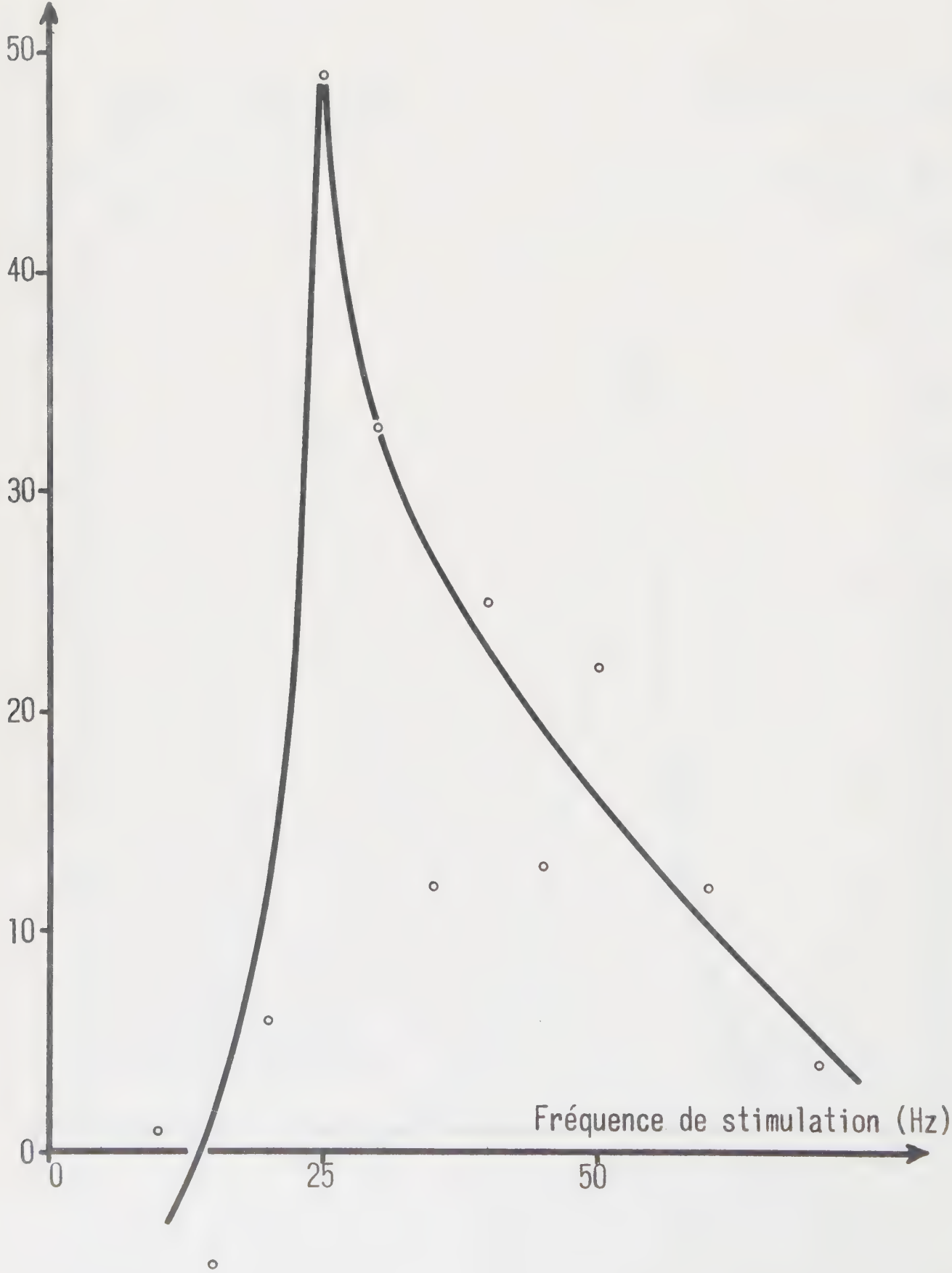


Fig. 10

LAPIN ALBINOS N° 1122 ♂

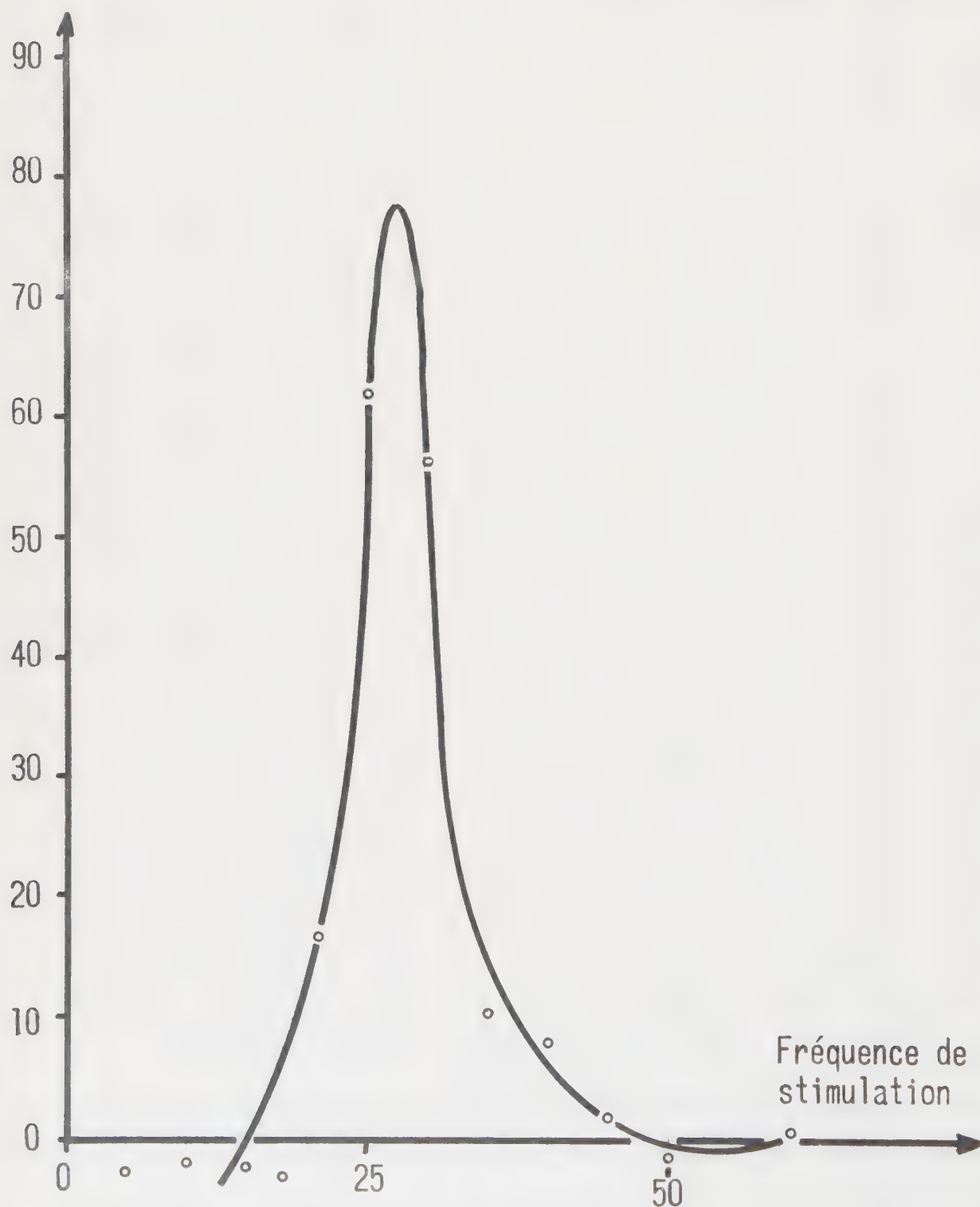
stimulation oeil gauche

Fréquence de stimulation	Nombre de battements par minutes			
	Série I 16.8.68	Série II 18.10.68	Série III 18.10.68	Moyenne
*		49	68	
5 Hz	2	1	7	-2,66
*		52	67	
10 Hz	3	3 3	3	-2,0
*	37	64	67	
15 Hz	2	1 3	3	-2,3
*	46	73	57	
18 Hz	6	2 6	1	-3,0
*		77	65	
21 Hz	4	38	8	+16,7
25 Hz	57	73	56	+62,0
30 Hz	51	88	30	+56,3
*	69	94	48	
35 Hz	17	4	10	+10,3
*	48	91	91	
40 Hz	8	15	2 1	+8,0
*	55	93	97	
45 Hz	1	0	5	+2,0
*	57	89	97	
50 Hz	2	1 3	0	-1,3
*	60	86	73	
60 Hz	3	5	0	0,67

Tableau 6

Nombre de battements
par minute

Lapin 1122 ♀ albinos
Stimulation oeil gauche



Chaque point représente la moyenne de 3 valeurs

Fig. 11

LAPIN ALBINOS N° 1102 ♂

stimulation oeil gauche

Fréquence de stimulation	Nombre de battements par minutes			
	Série I 23. 10. 68	Série II 23. 10. 68	Série III 30. 10. 68	Moyenne
*				
5 Hz	5	2	1 3	-3,0
*				
10 Hz	2	0	3	-1,66
*				
15 Hz	2	0		+1,0
*				
20 Hz	0	1	0	+0,33
25 Hz	1	0	1	+0,66
30 Hz	11	1	0	+4,0
*				
35 Hz	3	5	3	+3,66
*				
40 Hz	1	7	8	+5,33
*				
45 Hz	0	3	2	+1,66
*				
50 Hz	0	0	1	-0,33
*				
60 Hz	0	0	1	-0,33

Tableau 7

Nombre de battements
par minute

Lapin 1102 ♂ albinos
Stimulation oeil gauche

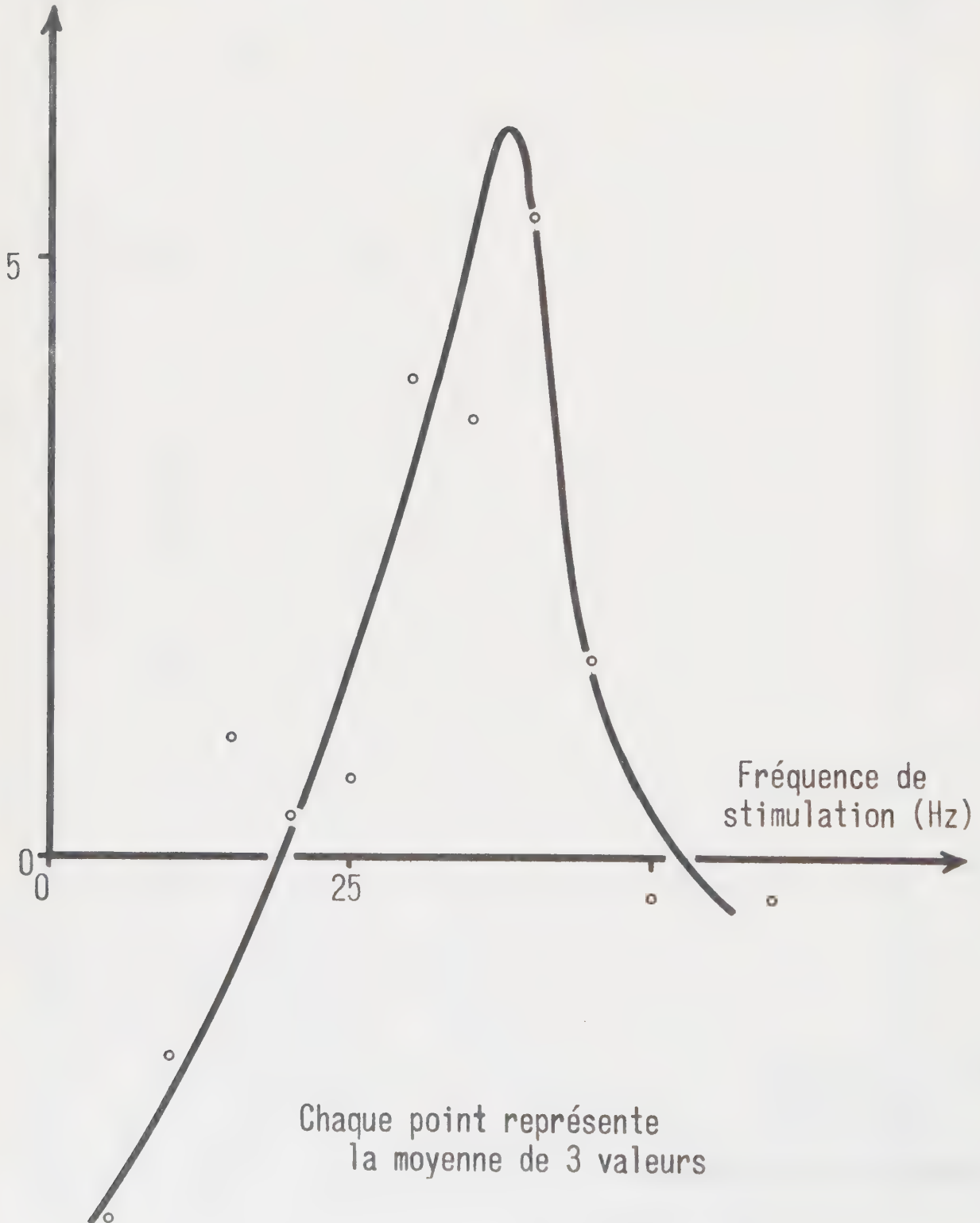


Fig. 12

LAPIN ALBINOS N° 1122 ♂

stimulation oeil droit

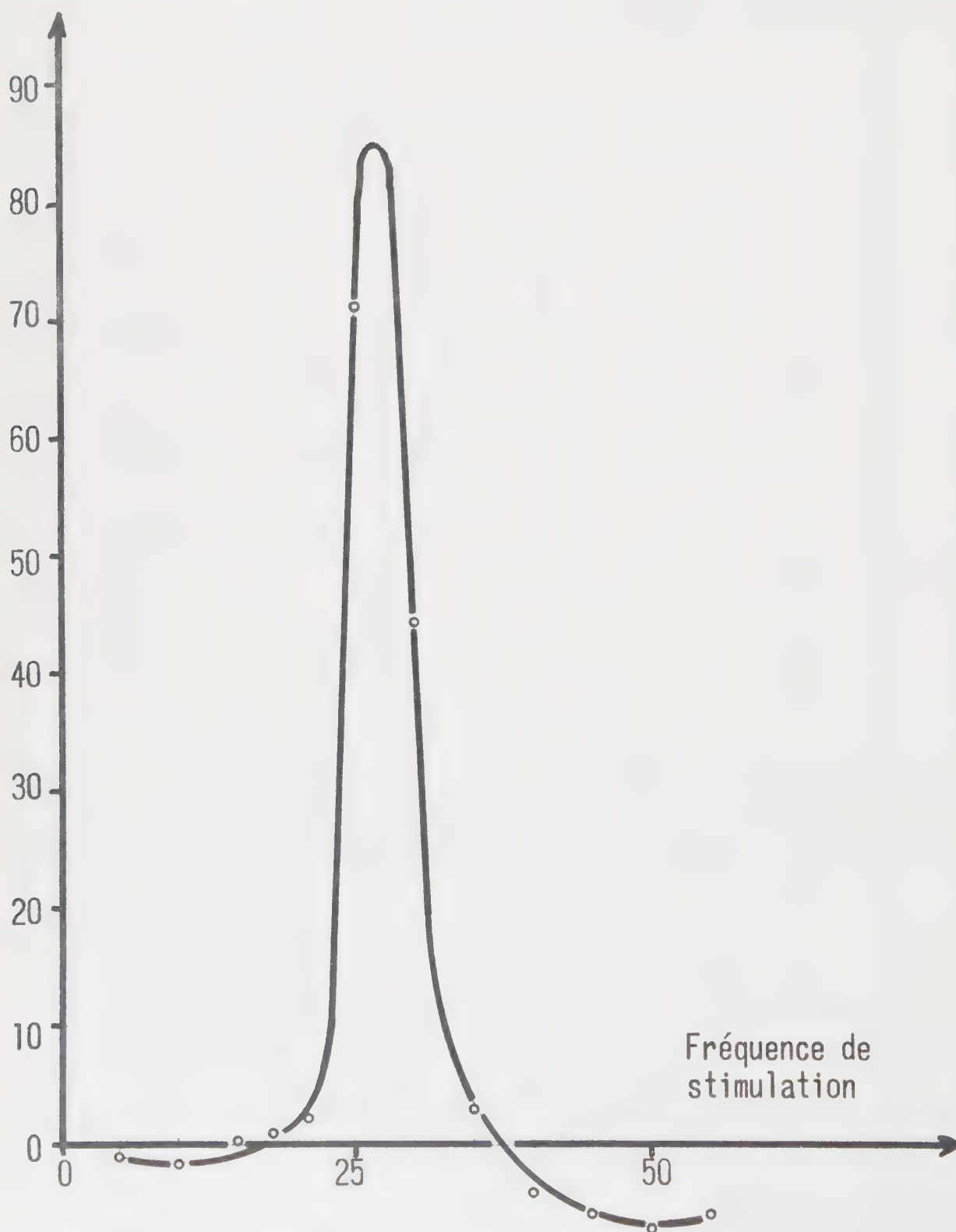
Fréquence de stimulation	Nombre de battements par minutes				
	Série I	Série II	Série III	Série IV	Moyenne
	7.8.68	14.10.68	14.10.68	17.10.68	
*		74		100	
5 Hz	1 / 2	1 / 1	1	2	-1,0
*	28			91	
10 Hz	4	1 / 1	2	1	-1,75
*	26	79	73	94	
15 Hz	0	1	1	1	+0,25
*	70	76	81	96	
18 Hz	4	1	2 / 1	2	+1,0
*		76	77	96	
21 Hz	6	1	3	1	+2,25
25 Hz	69	57	77	82	+71,25
30 Hz	20	5	62	90	+44,25
*	50	73	78	93	
35 Hz	5	1	9 / 1	10	+3,0
*	33	60	69	83	
40 Hz	6	3	1 / 1	7	-4,0
*	23	65	81	99	
45 Hz	5	4	5	9	-5,75
*	26	64	70	103	
50 Hz	6	7	7	8	-7,0
*	20	67	73	110	
60 Hz	3	5	6	9	-5,75

* = Stimulation de référence : 25 fl./sec.

Tableau 8

Nombre de battements
par minute

Lapin 1122 ♀ albinos
Stimulation oeil droit



Chaque point représente la moyenne de 4 valeurs

Fig. 13

LAPIN ALBINOS N° 1108 ♂

stimulation oeil gauche

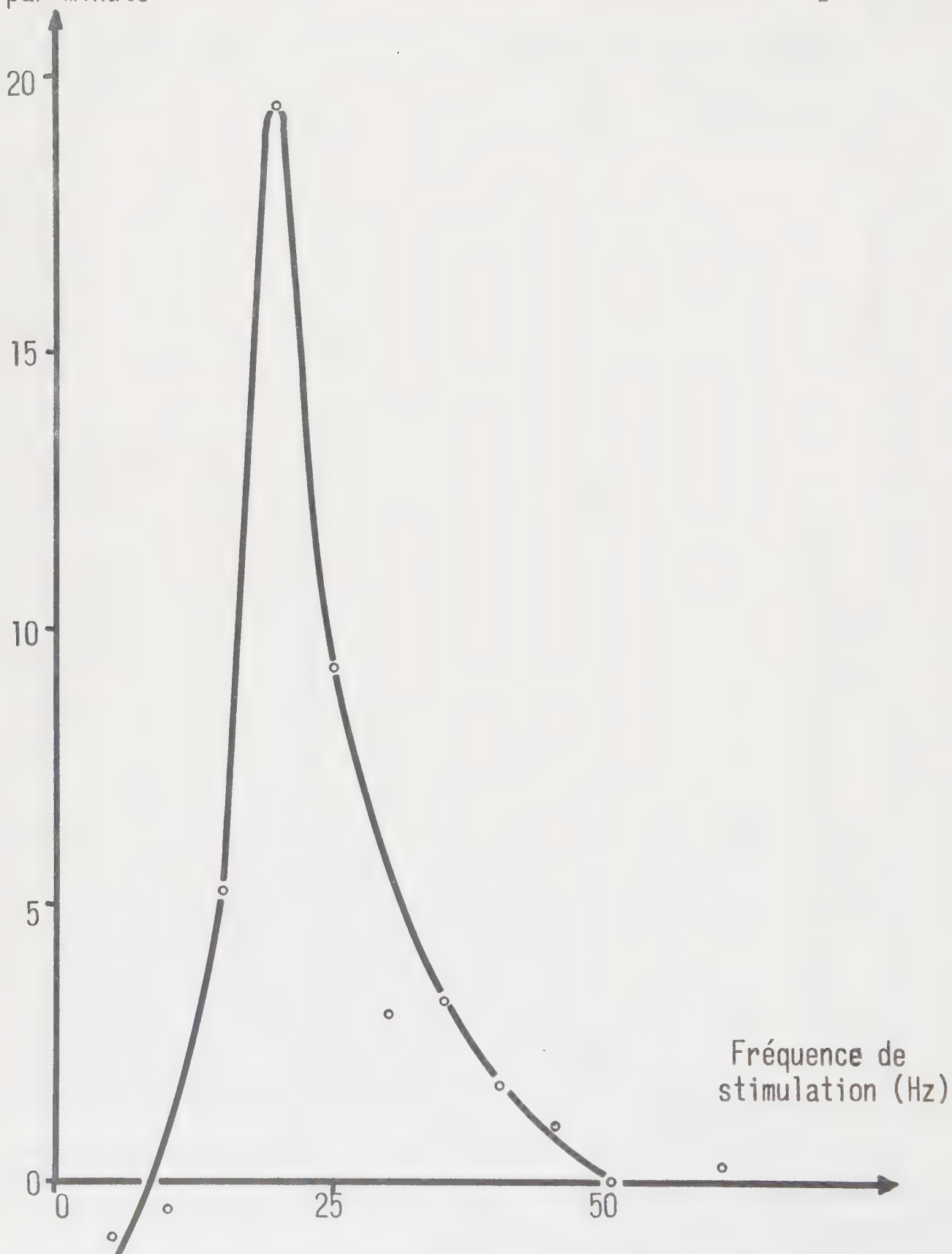
Fréquence de stimulation	Nombre de battements par minute				Fréquence de stimulation	Moyenne
	Série I 28.10.68	Série II 17.11.68	Série III 17.11.68	Série IV 17.11.68		
25 Hz		8	26	19	20 Hz	
5 Hz	0	0	1d	1d	5 Hz	-1,0
*	3	11	22	16	*	
10 Hz	0	0	0	1d	10 Hz	-0,25
*	5	7	19	18	*	
15 Hz	1	6	9	5	15 Hz	+5,25
*	7	10	19	21	20 Hz	+19,5
20 Hz	13	25	11	8	25 Hz	
25 Hz	9	9	20	17	*	+9,25
30 Hz	3	3	3	3	30 Hz	+3,0
*	7	6	25	17	*	
35 Hz	2	3	5	3	35 Hz	+3,25
*	3	6	24	20	*	
40 Hz	2	2	2	1	40 Hz	+1,75
*	5	13	21	18	*	
45 Hz	0	3	0	1	45 Hz	+1,0
*	5	10	17	20	*	
50 Hz	0	1	1d	0	50 Hz	0
*	5	9	18	19	**	
60 Hz	1	1	1g 1d	1d	60 Hz	+0,25

** = stimulation de référence : 20 fl./sec.

Tableau 9.

Nombre de battements
par minute

Lapin 1108 ♂ albinos
Stimulation oeil gauche



Chaque point représente la moyenne de 4 valeurs

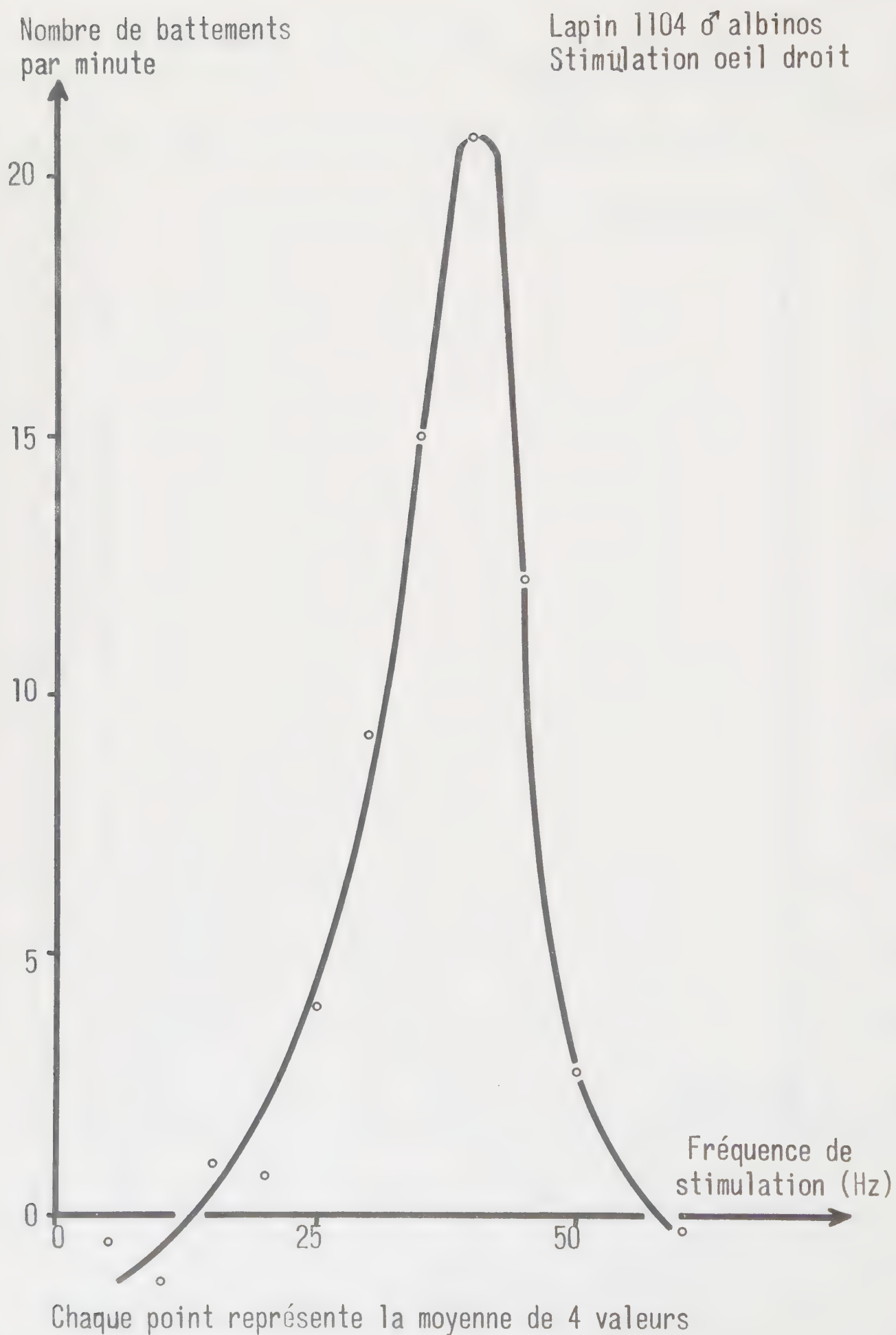
Fig. 14

LAPIN ALBINOS N° 1104 ♂

stimulation oeil gauche

Fréquence de stimulation	Nombre de battements par minutes					Série I 25.10.68
	Série I 25.10.68	Série II 25.10.68	Série III 25.10.68	Série IV 22.10.68	Moyenne	
*						1
5 Hz	0	0	/ 1	/ 1	-0,5	0
*						
10 Hz	/ 1	/ 3	0	/ 1	-1,25	1
*						
15 Hz	1	3 / 1	1 / 1	1	+1,0	3
*	3	7	5	6		
20 Hz	1	0	0	2	+0,75	0
25 Hz	3	4	5	4	+4,0	0
30 Hz	7	8	12	10	+9,25	3
*	4	5	6	4	+4,75	
35 Hz	14	14	17	15	+15,0	9
*	3	5	6	5		
40 Hz	17	19	27	20	+20,75	10
*	5	3	3	4		3
45 Hz	20	9	9	11	+12,25	0
*	4	3	4	5		
50 Hz	1	5 / 1	3	3	+2,75	0
*	1	3		3		
60 Hz	/ 2	1	0	0	-0,25	0

Tableau 10.



Nombre de battements
par minute

Lapin 1104 ♂ albinos
Stimulation oeil gauche

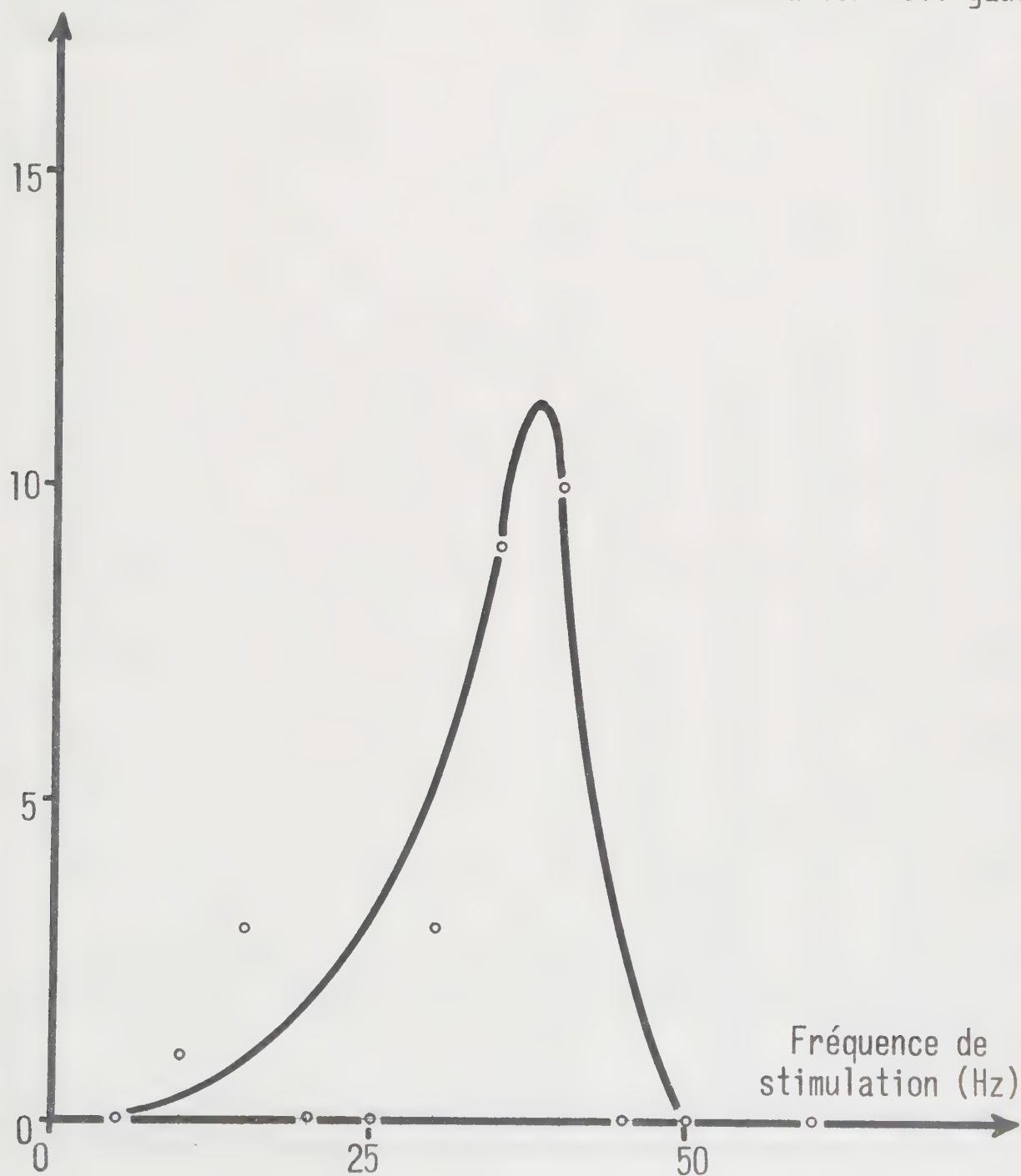


Fig. 16

LAPIN ALBINOS N° 1103 ♀

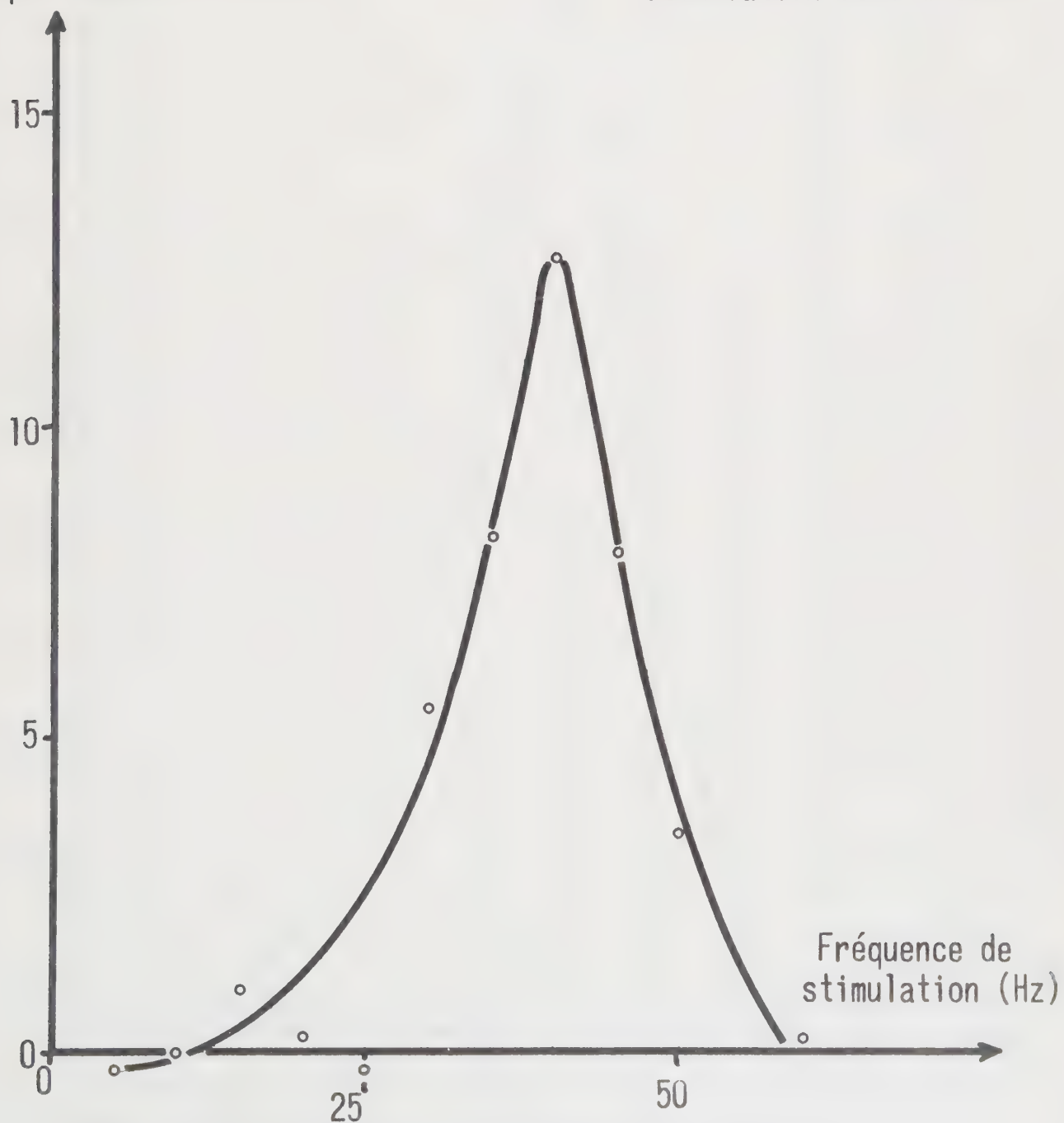
stimulation oeil droit

Fréquence de stimulation	Nombre de battements par minutes				
	Série I 26.10.68	Série II 26.10.68	Série III 26.10.68	Série IV 26.10.68	Moyenne
5 Hz	0	/ 1	0	0	-0,25
*					
10 Hz	0	0	0	0	0
*					
15 Hz	0	2 / 1	2	1	+1,0
*					
20 Hz	0	0	1	0	+0,25
25 Hz	0	0	0	/ 1	-0,25
30 Hz	4	6	6	6	+5,5
*	0	0	1		+0,25
35 Hz	5	8	11	9	+8,25
*			0	0	
40 Hz	7	15	17	12	+12,75
*	0	0	1	0	
45 Hz	1	7	16	8	+8,0
*		0	2		
50 Hz	1	2	7	4	+3,5
*		0		0	
60 Hz	0	1 / 1	0	2 / 1	+0,25

Tableau 11

Nombre de battements
par minute

Lapin 1103 ♀ albinos
Stimulation oeil droit



Chaque point représente la moyenne de 4 valeurs

Fig. 17

LAPIN ALBINOS N° 1102 ♂

stimulation oeil droit

Fréquence de stimulation	Nombre de battements par minutes				
	Série I 23.10.68	Série II 23.10.68	Série III 23.10.68	Série IV 30.10.68	Moyenne
*					
5 Hz	/ 1	0	0	1 / 1	-0,25
*					
10 Hz	0	1 / 1	0	/ 4	-1,0
*					
15 Hz	3	3	3	/ 2	+1,75
*	4	5	3	2	
20 Hz	2	3	4	1	+2,5
25 Hz	5	5	3	3	+4,0
30 Hz	10	8	7	11	+9,0
*	3	3	5	6	
35 Hz	15	11	14	16	+14,0
*	5	4	4	5	
40 Hz	17	15	18	17	+16,75
*	6	4	3	4	
45 Hz	16	9	7	8	+10,0
*	3	5	3	6	
50 Hz	3	2	4	3	+3,0
*					
60 Hz	1	/ 1	0	/ 1	-0,25

Tableau 12

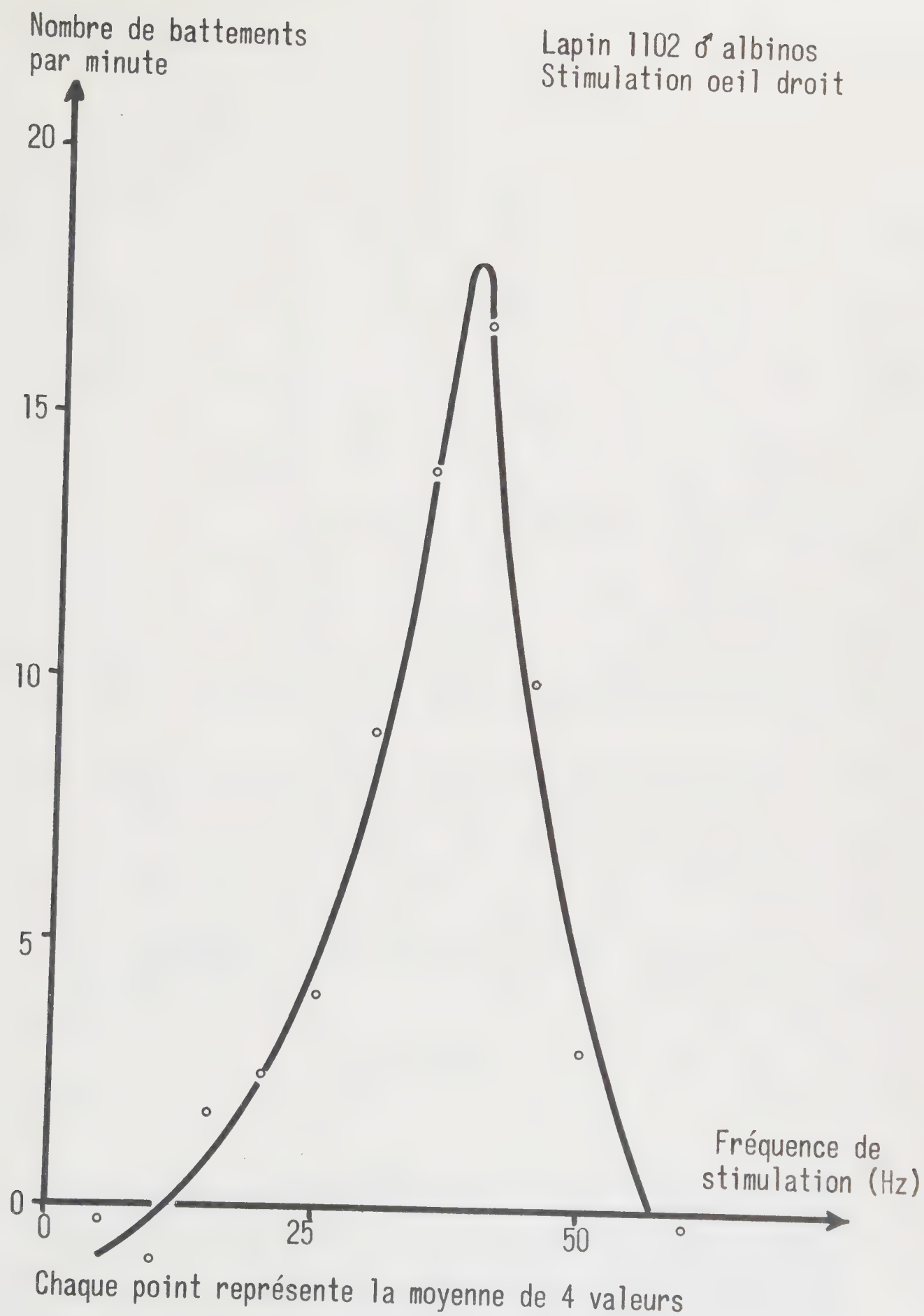


Fig. 18

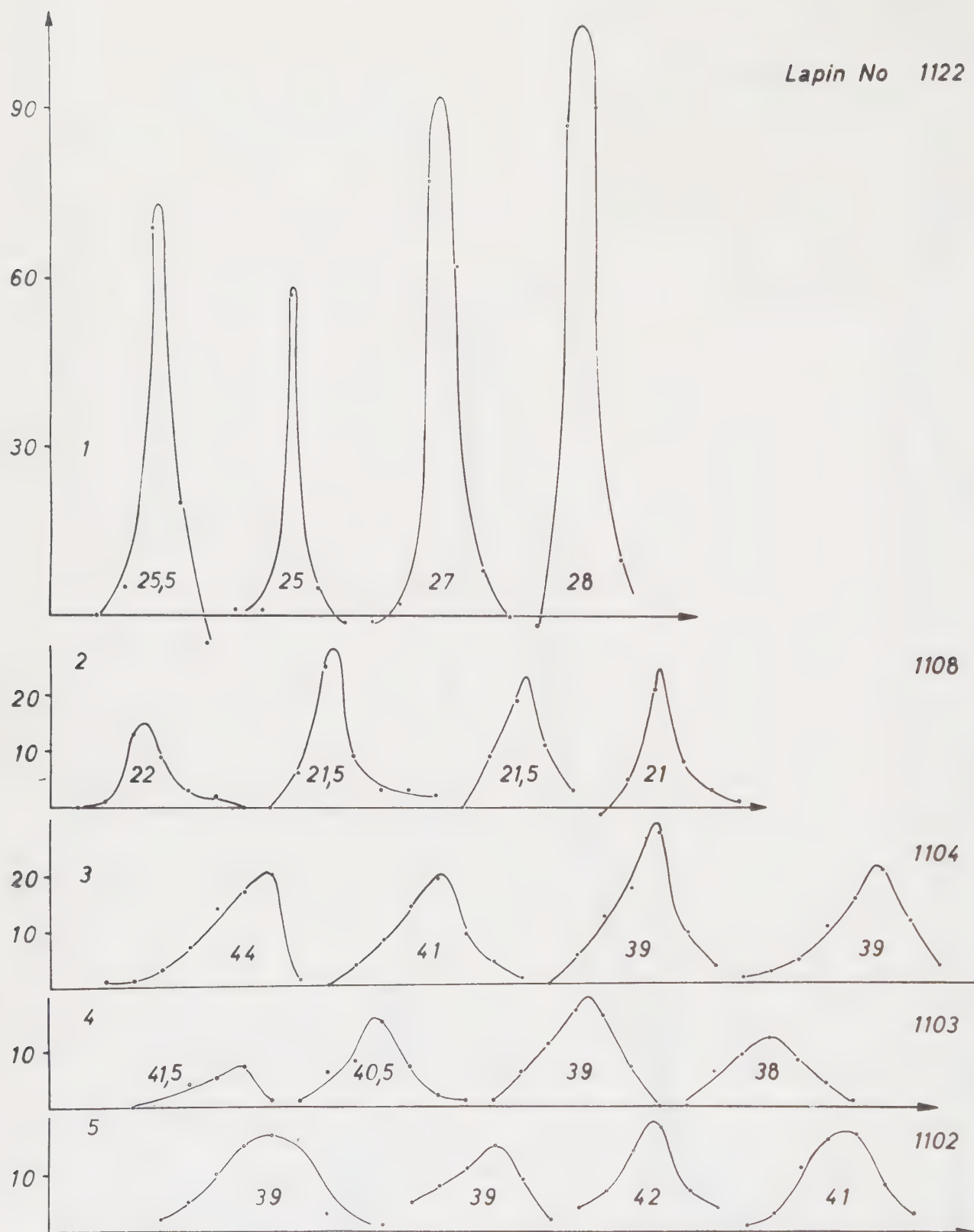


Fig. 19 Relation entre la fréquence de stimulation et celle de la réponse nystagmique chez cinq animaux dans les mêmes conditions expérimentales. L'expérience a été répétée quatre fois pour chaque animal.

En ordonnée, nombre de battements par minute.

En abscisse, fréquence de stimulation.

Même échelle pour toutes les courbes. Le chiffre sous chaque courbe indique la fréquence optimale de stimulation.

No du lapin	Courbe I		Courbe II		Courbe III		Courbe IV	
1122	25,5	73	25	58	27	90	28	105
1108	22	15	21,5	28	21,5	22	21	25
1104	44	20	41	20	39	28	39	21
1103	39	7	39	16	42	19	41	12
1102	41,5	17	40,5	15	39	19	38	18

Coordonnées du point culminant de chacune des
courbes de la figure précédente

Le chiffre à gauche, dans chaque case, indique la fréquence optimale de stimulation;

Le chiffre à droite, le niveau de la réponse nystagmique pour cette fréquence.

Tableau 13

REMARQUES COMPARATIVES POUR LES SEPT ANIMAUX TESTES

Le tableau 14, réunissant les coordonnées du point culminant de chacune des courbes reproduites plus haut (Fig. 8 à 18), nous permet de comparer les valeurs des animaux examinés.

Nous remarquons que la fréquence optimale pour ces sujets varie entre 20 et 40 flashes par seconde.

Chez quatre animaux où nous avons testé les deux côtés séparément, nous constatons que la fréquence critique ne varie que très peu avec le côté stimulé pour un animal donné, et cette variabilité n'excède pas celle qui existe dans le temps. Par contre, l'intensité de la réponse à la fréquence optimale montre une nette différence dans deux cas (1104 et 1102), moins marquée dans deux autres. Le lapin 1103 n'a pas répondu du tout du côté gauche.

Une prépondérance directionnelle, ou même une aréflexie unilatérale, semble exister pour le nystagmus photique. Chez un animal, nous avons trouvé cette même prépondérance pour la stimulation giratoire et calorique. Cette asymétrie peut être d'origine centrale ou périphérique.

En ce qui concerne le dernier point, il est connu que des lésions aussi bien au niveau de l'oreille (moyenne et interne), qu'au niveau de la rétine (Tansley, cit. par Arden, 1959), ne sont pas exceptionnelles chez le lapin. Signalons à ce sujet également qu'Elenius (1958) a enregistré des ERG défectueux chez des lapins albinos.

Coordonnées du point culminant de chacune des courbes
reproduites ci-dessus

Numéro du lapin	Stimulation de l'oeil droit	Stimulation de l'oeil gauche
1122	27 85	27 78
1108	20 14	20 19,5
1104	40 21	38 11,5
1102	38,5 18	38 6
1103	40 13	0
1121	25 49	
1119	26,5 36	

Le chiffre situé à gauche dans chaque case indique la fréquence optimale de stimulation; le chiffre de droite, le niveau de la réponse nystamique pour cette fréquence.

Tableau 14.

EFFET DE LA STIMULATION DE REFERENCE SUR LA FREQUENCE OPTIMALE

Nous nous sommes demandé si la stimulation de référence, par le fait d'imposer régulièrement une certaine périodicité au système nystagmogène, ne risque pas de provoquer un glissement de la fréquence optimale.

Afin de vérifier cette possibilité, nous avons soumis l'animal le plus sensible à 3 séries de stimulations en choisissant 3 fréquences différentes pour la stimulation de référence. La Fig. 20 reproduit les courbes ainsi obtenues.

Nous remarquons que la fréquence optimale présente une faible variation, mais que cette dernière ne dépasse pas la variabilité dans le temps. Un glissement de la fréquence optimale vers la fréquence de la stimulation de référence ne semble donc pas avoir lieu.

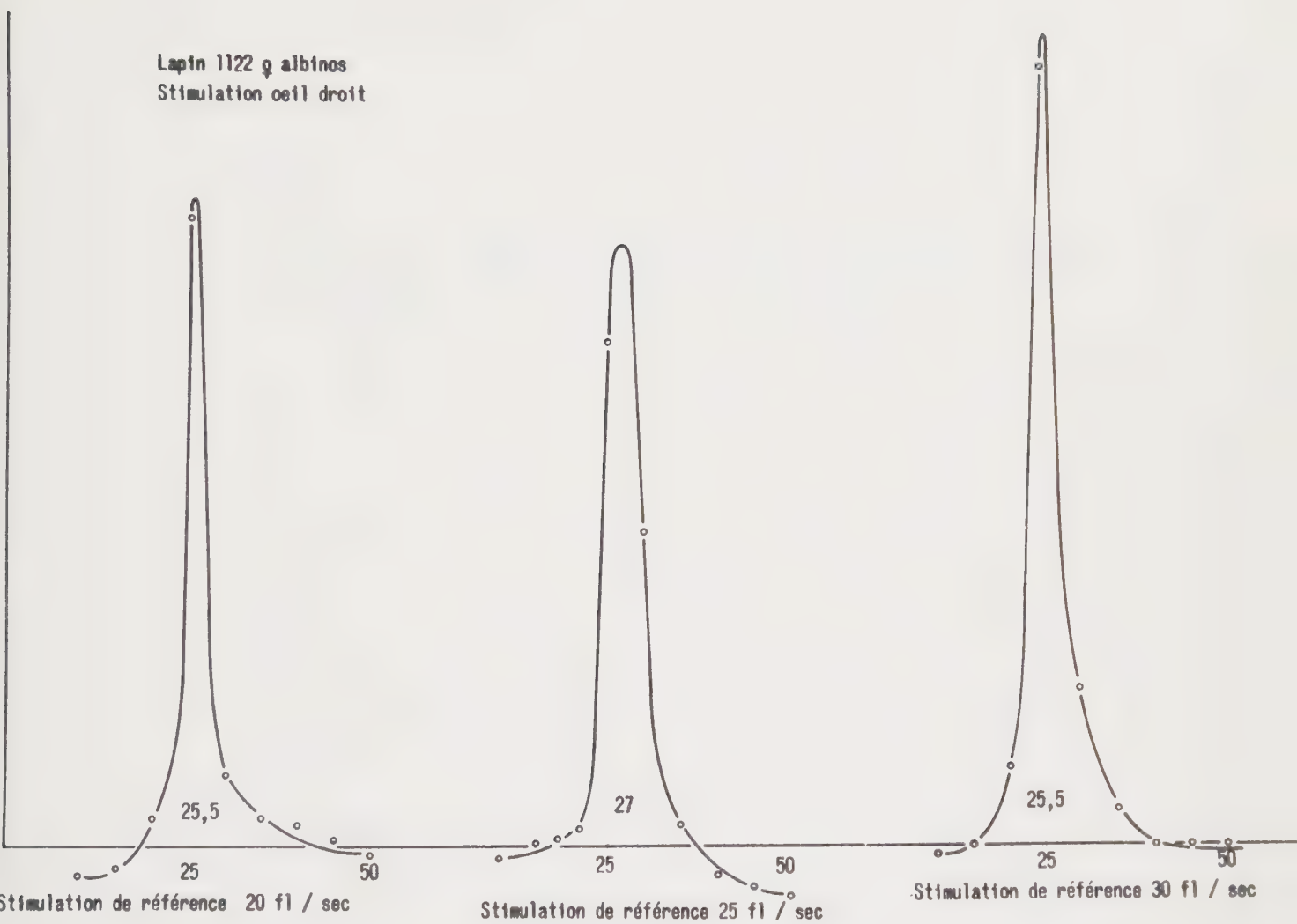


Fig. 20 Effet de la stimulation des références sur la fréquence optimale.

Relation entre l'intensité de stimulation et la
fréquence de la réponse nystagmique.

Nous avons voulu établir la relation existant entre le deuxième paramètre de la stimulation, qui est l'intensité, et la réponse nystagmique. La courbe de la Fig. 20 représente l'évolution de cette relation. En ordonnée se trouve la fréquence de la réponse, en abscisse, le logarithme de l'intensité. Nous voyons que cette fréquence croît jusqu'à une certaine valeur d'intensité, puis décroît. Nous avons vérifié si cette sorte d'évolution n'était pas purement aléatoire, mais un phénomène réel. Pour cela, nous avons calculé le coefficient de corrélation existant entre l'intensité du stimulus d'une part, et la fréquence du nystagmus, d'autre part. Nous trouvons pour la phase croissante une corrélation de 0,96. Cette valeur est statistiquement très hautement significative. Nous calculons pour la droite de régression une pente qui est positive (6,38). D'autre part, nous avons testé la corrélation pour la décroissance du phénomène. Le coefficient de corrélation est de 0,97. Nous trouvons qu'il existe là encore une droite de régression dont la pente est de -2,98. Il existe donc 2 lois.

Cette évolution croissante et décroissante que nous avons ici pour l'intensité de la stimulation est très semblable à celle qui existe également pour la fréquence de la stimulation et il est permis de penser qu'elle est régie par les mêmes lois.

Notons encore sur la courbe, qu'à la plus forte intensité il se produit des secousses nystagmiques inverses.

Intensité des flash	Réponse nystagmique (nombre de battements/min.)	
	Série I	Série II
*	105	
I/1000	0	
*	100	
I/100	3	0
*	95	79
I/50	30	13
*	92	69
I/25	66	35
I/10	84	78
I/5	95	
*	80	
I/2,5		79
*		76
I	77	70
*	77	75
4 x I	39	60
*	79	80
10 x I	49	30
*	82	76
100 x I	7	2
*	5	11
	74	74

* Stimulation de référence (avec intensité I/10)

Effet de l'intensité des flash.
Stimulation de l'OD avec une fréquence de 25 flash/sec.,
qui est la fréquence optimale pour l'animal en question.
L'intensité I correspond à 4.10^6 Lux.
Distance flash-oeil = 1 m.
A l'intensité 100 x I, il y a apparition de secousses
inverses (respectivement 5 et 11).

Tableau 15

Nombre de battements
par minute

Lapin 1122 ♀ albinos
Stimulation oeil droit

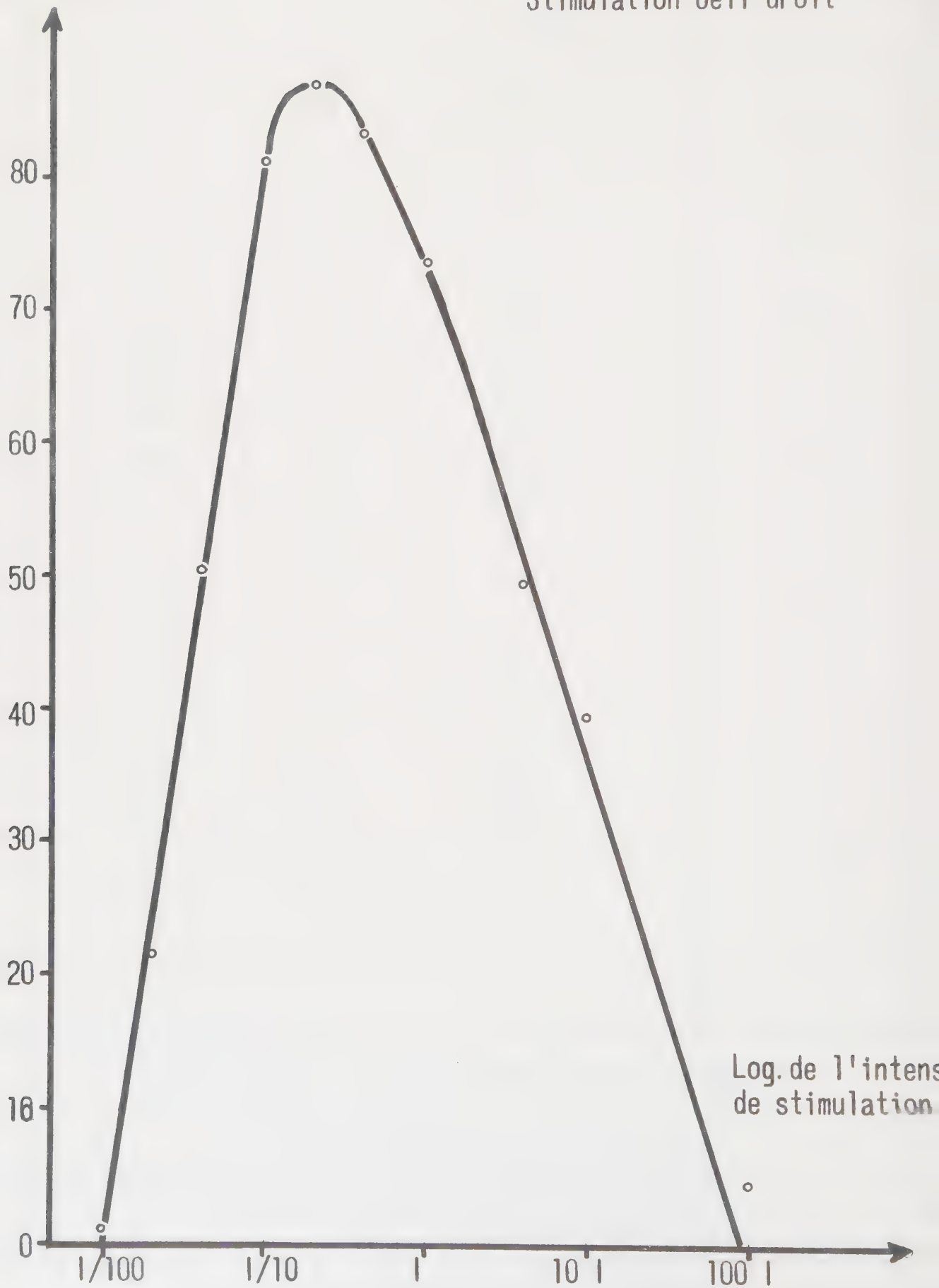


Fig. 21

Relation entre la fréquence de stimulation et la
réponse nystagmique pour différentes intensités
lumineuses chez le même animal.

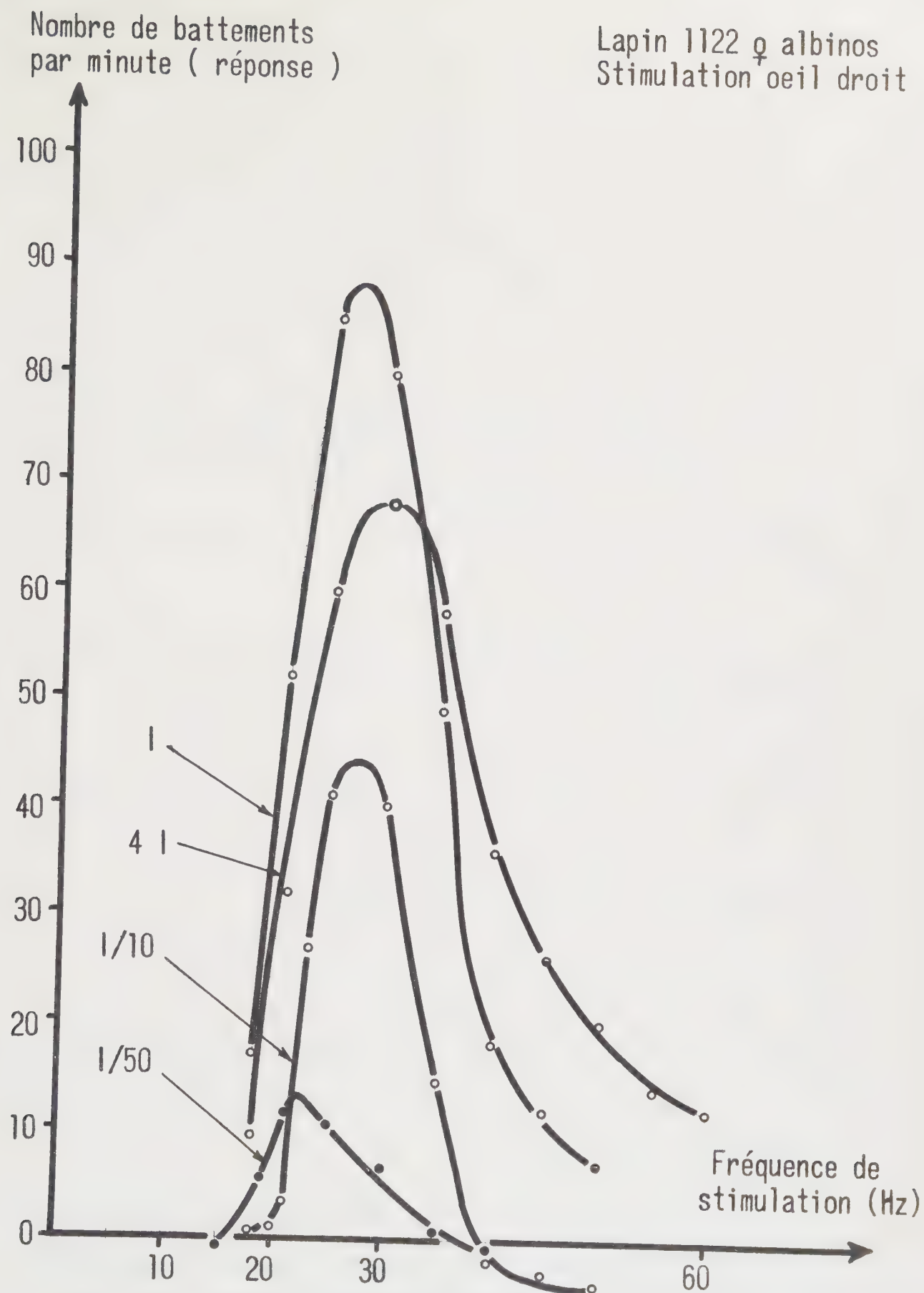


Fig. 22 : Rapport, réponse nystagmique et fréquence de stimulation pour 4 intensités du flicker chez un même animal.

Les courbes représentent les moyennes mobiles calculées sur 3 points expérimentaux.

la fréquence de
 Nous avons vu qu'il existe une relation entre/la réponse
 nystagmique et la fréquence de stimulation. Cette relation se
 traduit par une évolution croissante et décroissante avec un
 maximum pour une fréquence déterminée - fréquence optimale.
 Nous nous sommes demandé si cette fréquence critique est modi-
 fiée par l'intensité de la stimulation. Dans la Fig. 21 sont
 exprimés les résultats des expériences faites à ce sujet. On
 détermine une fréquence optimale pour chacune des 4 courbes et
 qui est la suivante :

Pour la courbe - intensité $I/50$ fréquence optimale = 22,5 Fl/sec.

Pour la courbe - intensité $I/10$ fréquence optimale = 27 Fl/sec.

Pour la courbe - intensité I fréquence optimale = 27 Fl/sec.

Pour la courbe - intensité $4.I$ fréquence optimale = 30 Fl/sec.

Une certaine dispersion des valeurs des fréquences optima-
 les apparaît. Cependant, compte tenu :

1) Du fait qu'il s'agit là de moyennes mobiles

2) Du faible nombre d'expériences,

il ne nous a pas été possible de mettre en évidence l'existence
 d'une corrélation, s'il y en a vraiment une, entre intensité
 et fréquence critique.

Signalons également sur la même figure un élargissement
 des courbes d'un côté, avec l'augmentation de l'intensité.

La post-réaction du nystagmus photique
(Post-nystagmus)

EVOLUTION DE LA DUREE DES SECOUSSES

Chez les sujets sensibles, le nystagmus photique ne s'épuise qu'un certain temps après la stimulation. Ce phénomène a retenu toute notre attention, car il semble à première vue que le post-nystagmus soit l'expression d'une activité libérée de la "contrainte" imposée au départ au système nystagmogène par la stimulation.

Dans la Fig. 23, nous avons choisi les tracés des 4 post-réactions obtenues chez le même animal (lapin 1122) par une stimulation à la fréquence optimale (25 flashes/sec.).

Si nous représentons l'intervalle, c'est-à-dire la durée des secousses en fonction du temps, nous obtenons les courbes reproduites dans la partie supérieure des Fig. 24 à 27. De telles courbes suggèrent une transformation logarithmique et si nous représentons cette fois-ci non pas la période en fonction du temps, mais le logarithme de la période en fonction du temps, nous trouvons une droite (graphiques dans la partie inférieure de chaque figure).

Nous avons calculé la corrélation et la droite de régression pour chacun de ces graphiques :

Graphique A	:	corrélation = 0,98	
		pente de la droite de régression	0,53
Graphique B	:	corrélation = 0,97	
		pente de la droite de régression	0,50
Graphique C	:	corrélation = 0,99	
		pente de la droite de régression	0,62

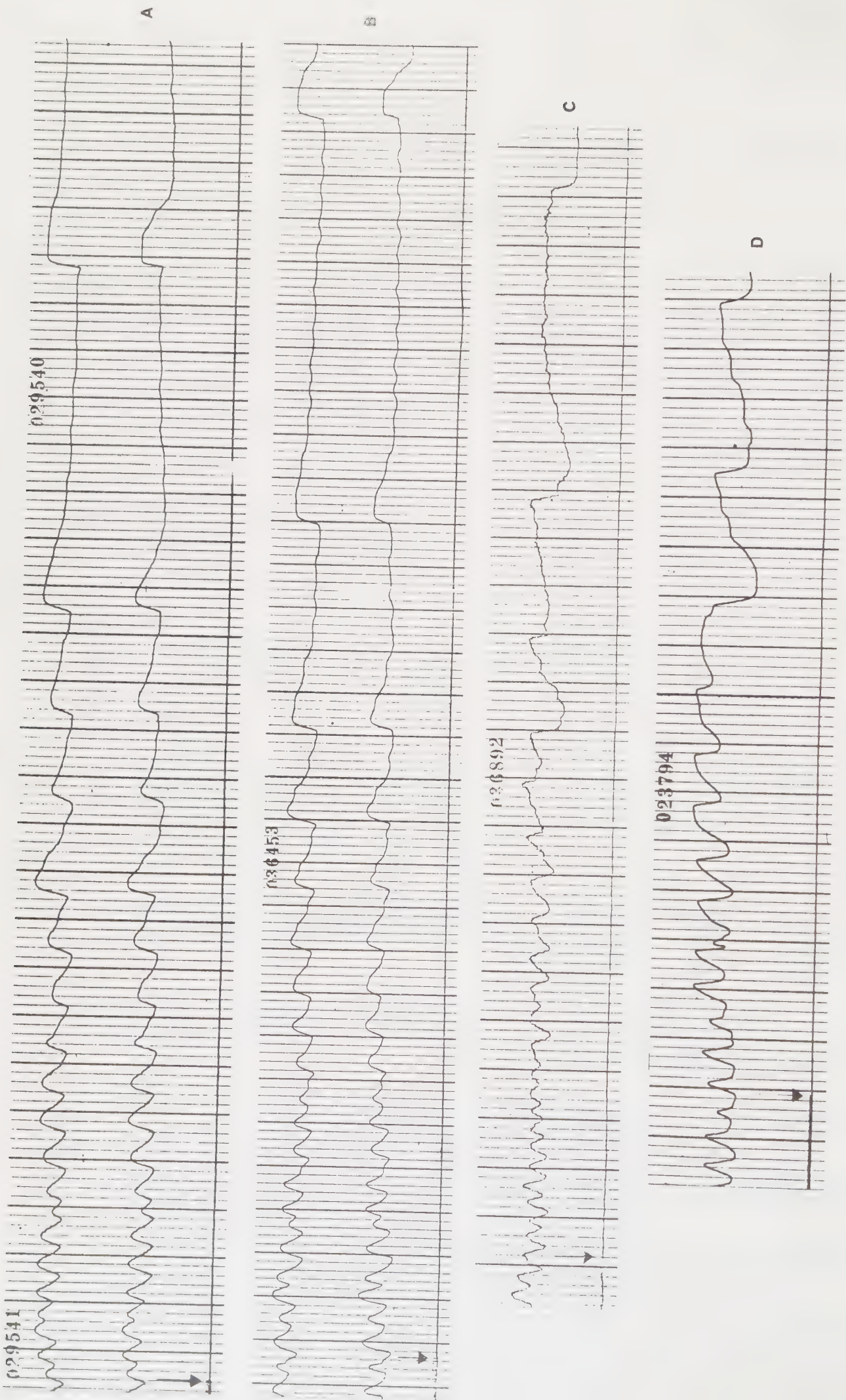


Fig. 23

Post-myastagnus.

Lapin albinos 1122. Tracés A et B obtenus par stimulation de l'oeil droit. C et D par stimulation de l'oeil gauche.

Graphique D : corrélation = 0,99
pente de la droite de régression 0,51

Les valeurs de la corrélation permettent de conclure que la pente de la droite de régression de chacun des graphiques diffère très significativement de 0. Il est donc quasi certain que pour les tracés choisis, la durée de la secousse croît d'une façon exponentielle avec le temps.

Cette constatation implique un grand nombre d'hypothèses, de mécanismes et de calculs mathématiques, que nous ne pouvons développer ici, mais qui sont du plus grand intérêt.

Fig. 24

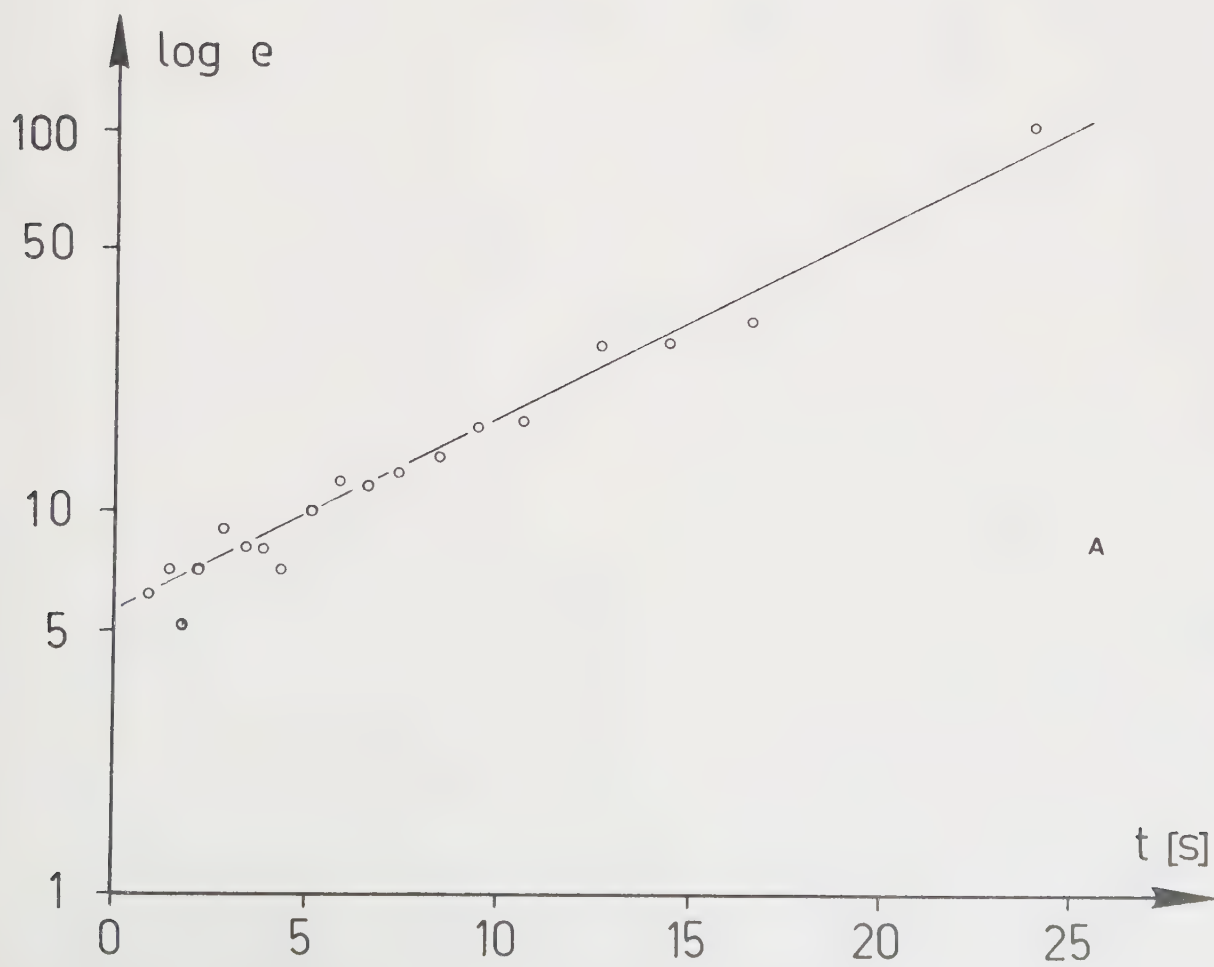
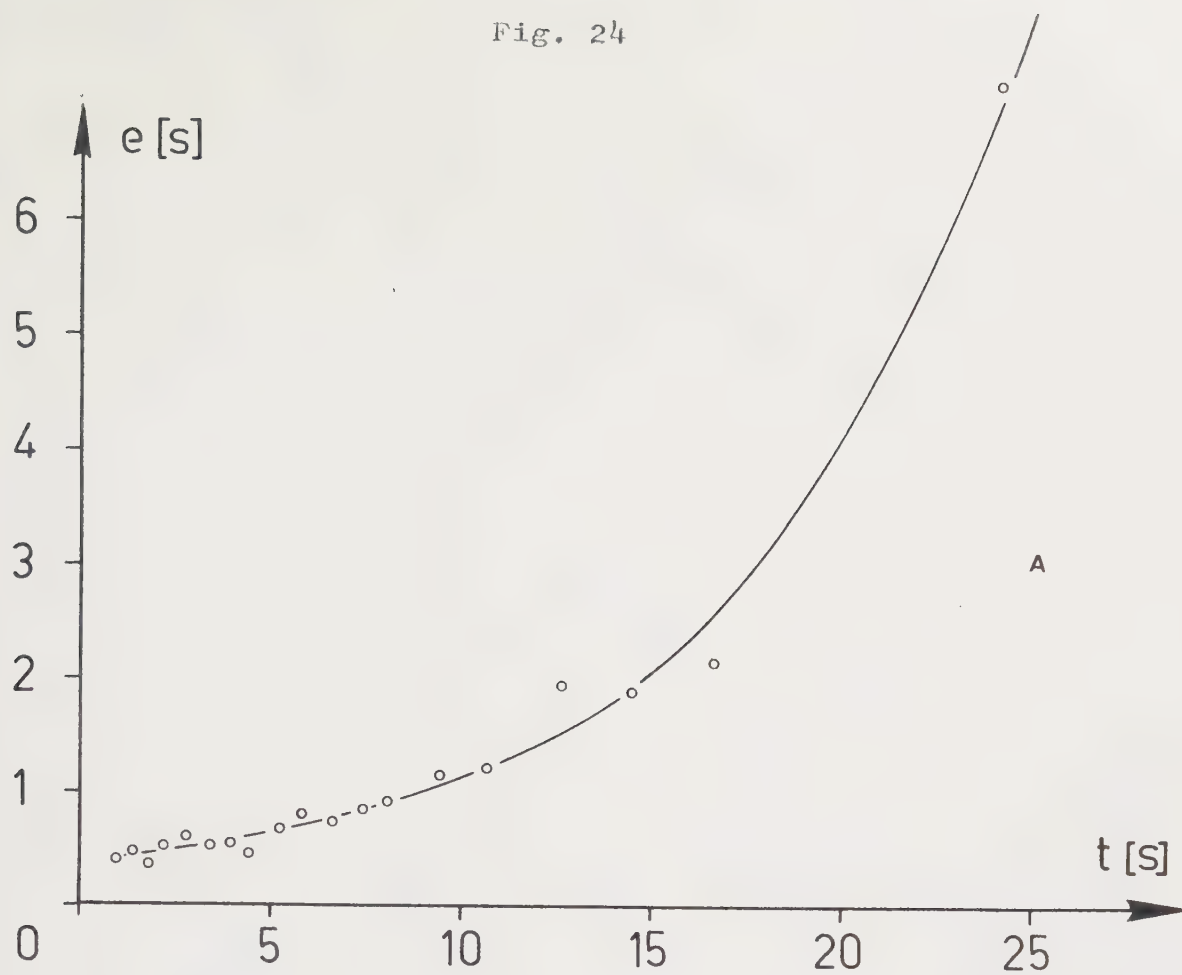


Fig. 25

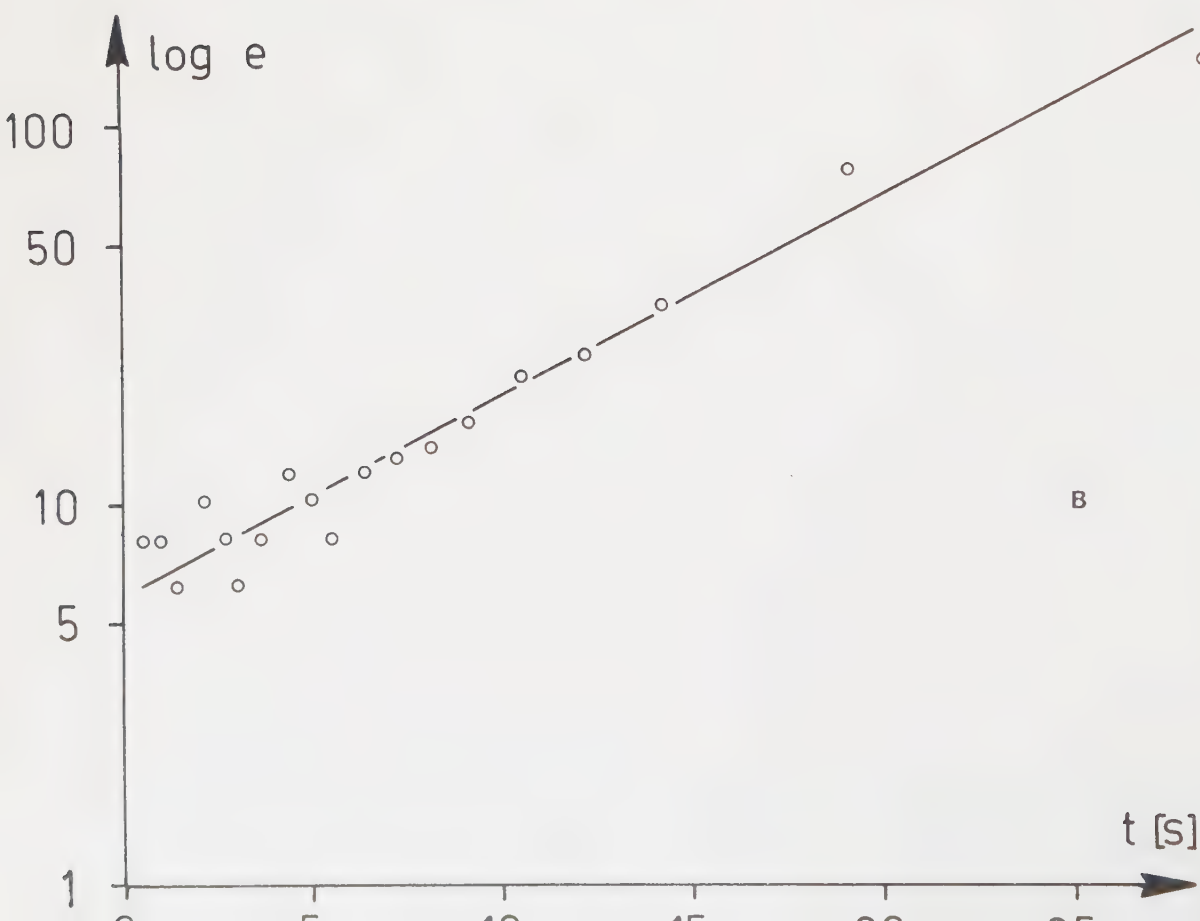
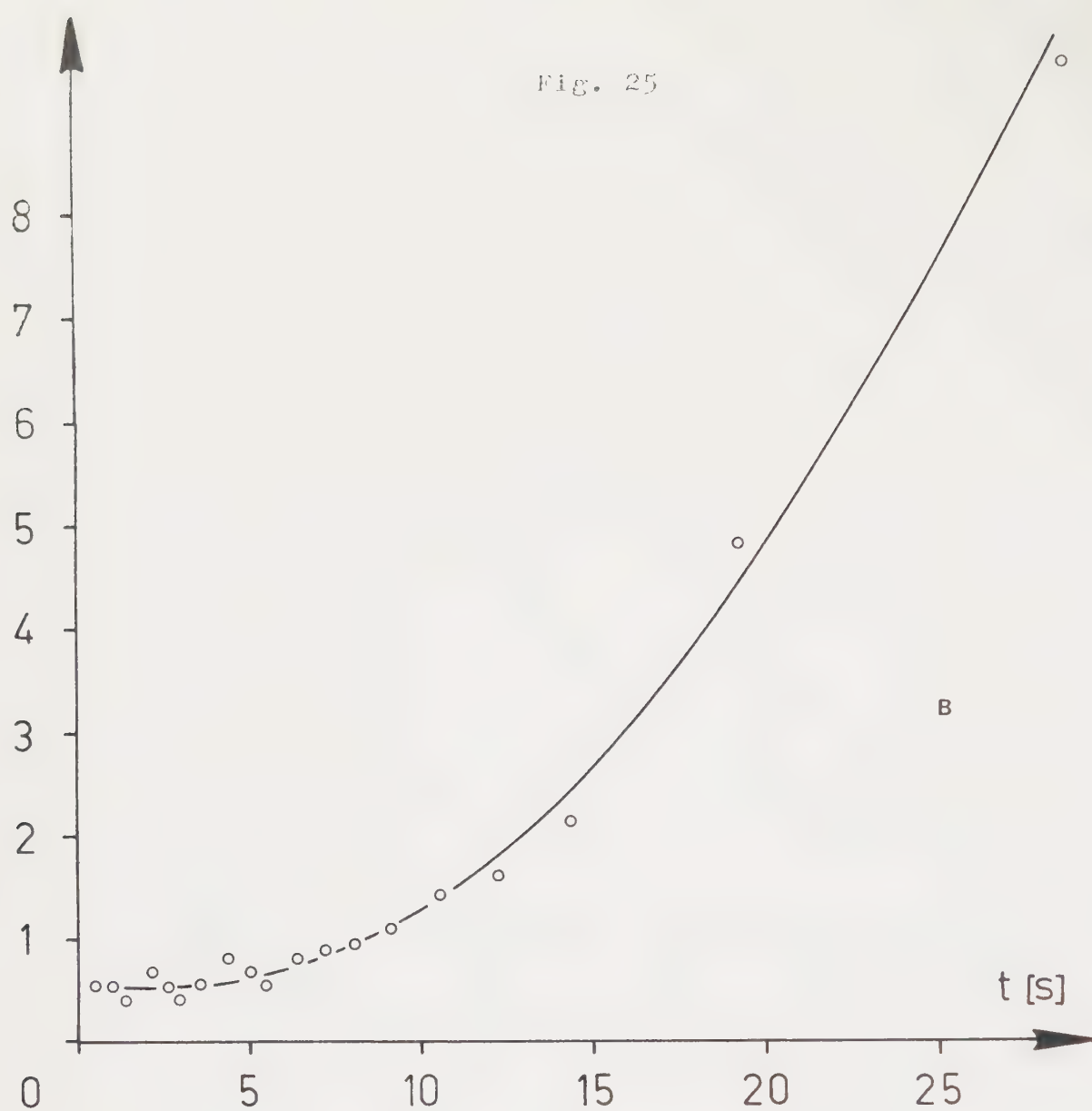


Fig. 26.

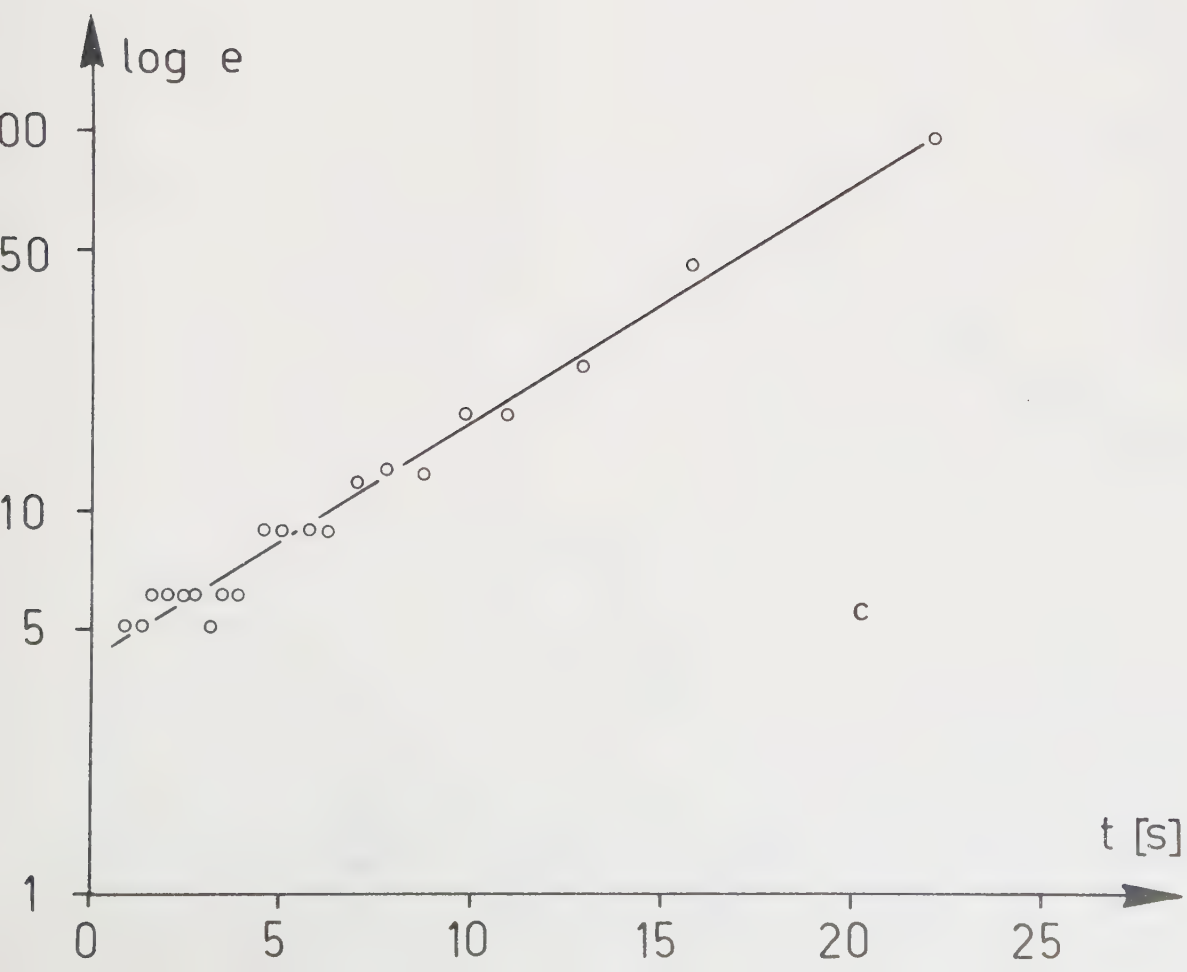
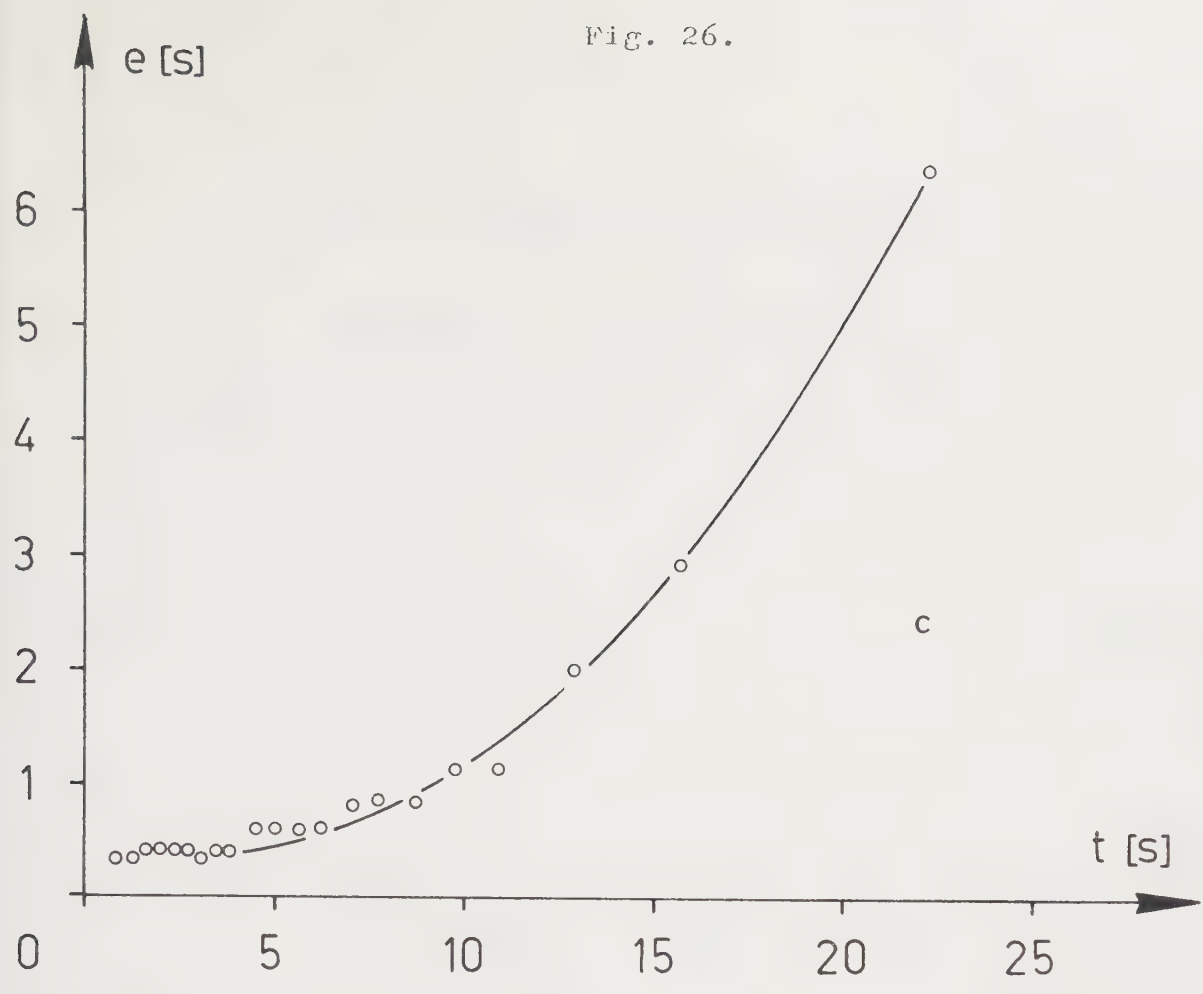
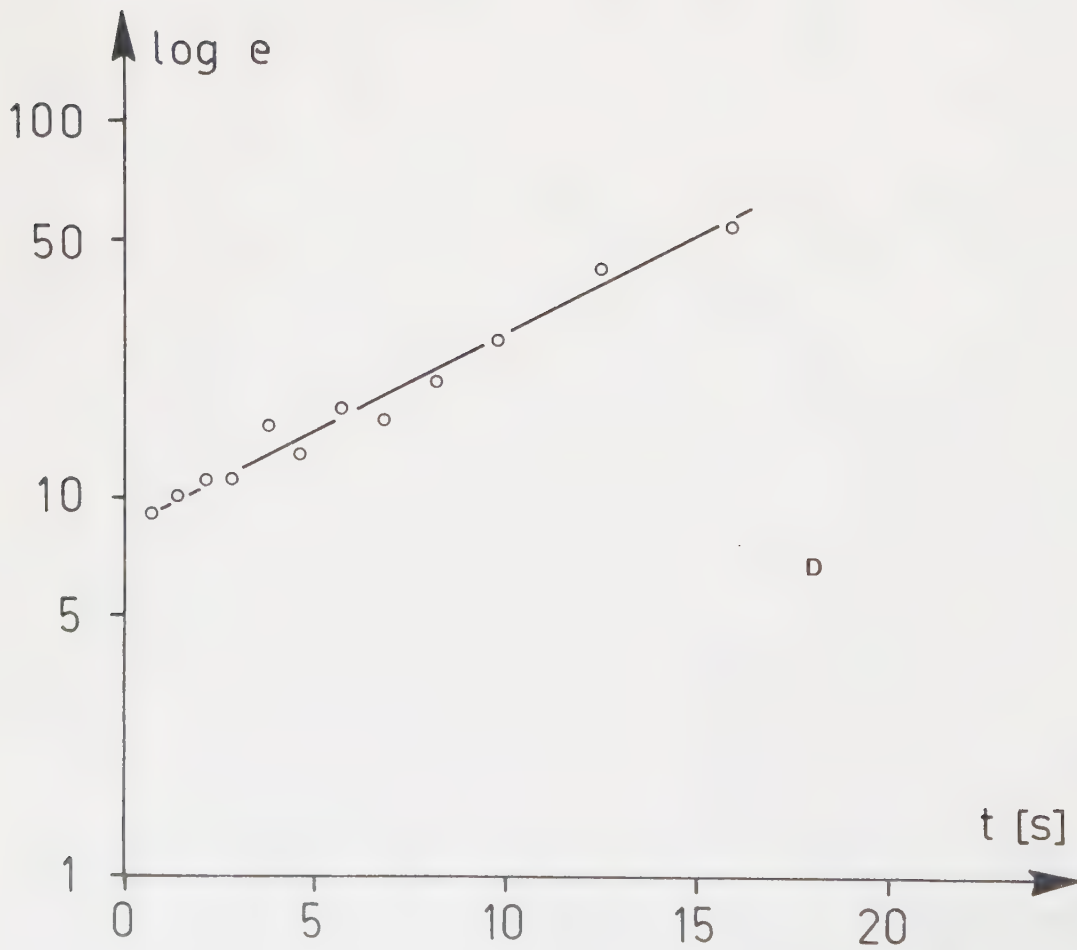
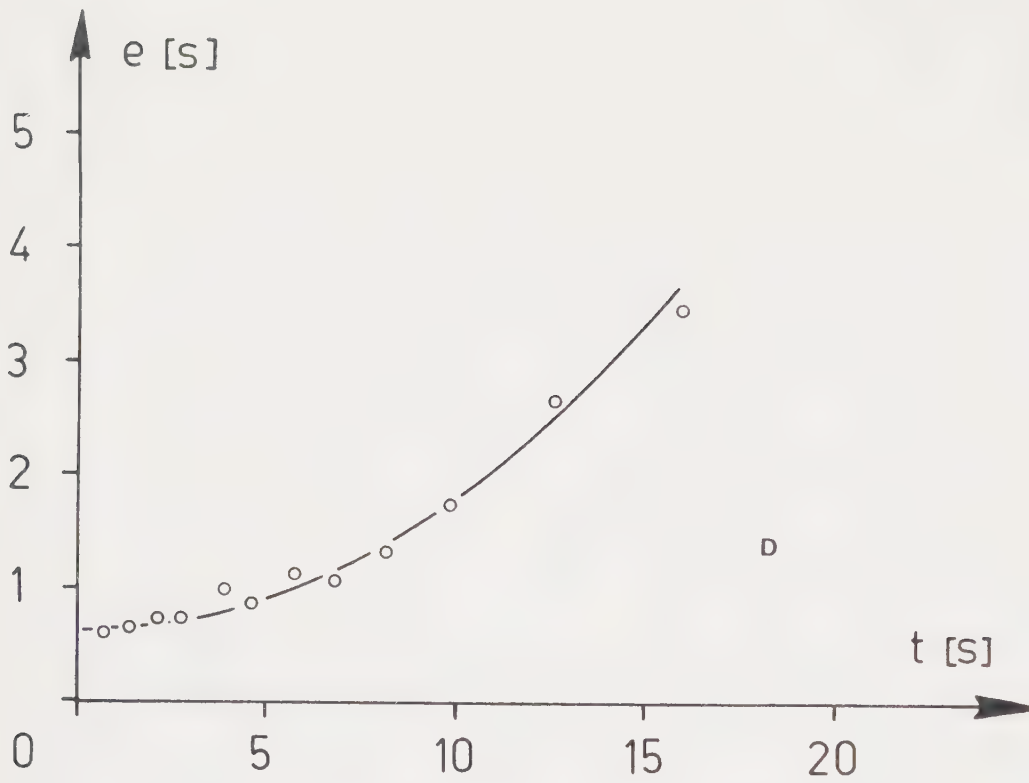


Fig. 27.

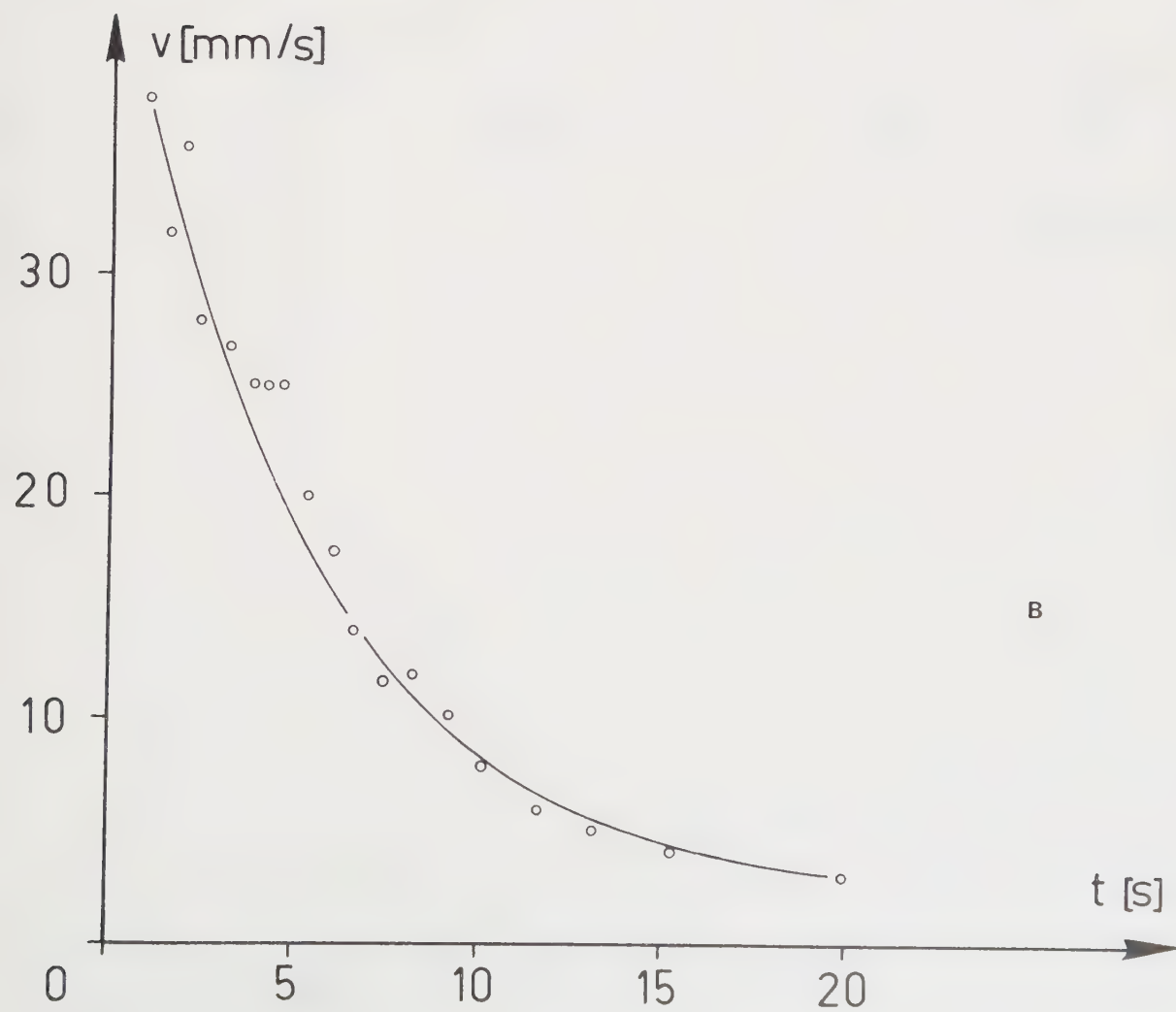
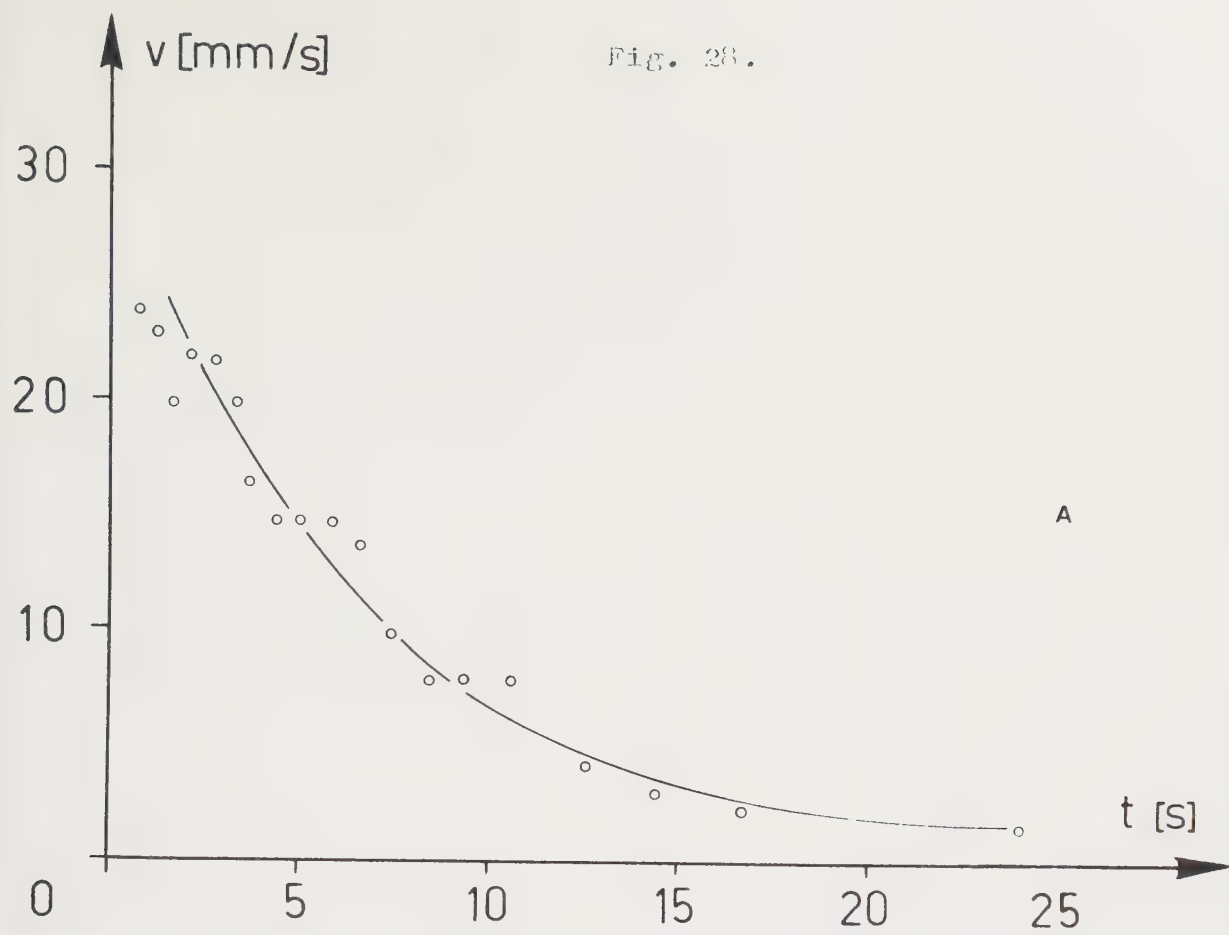


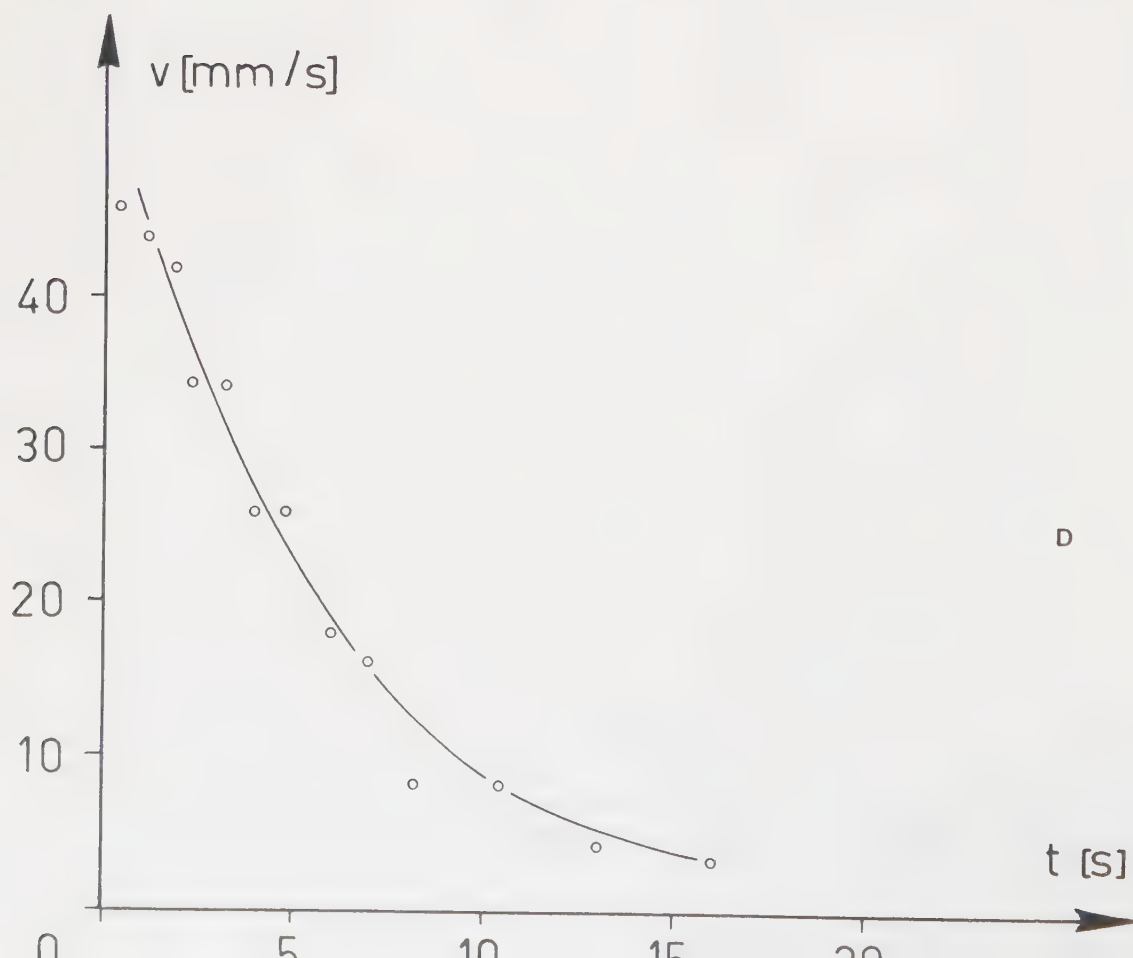
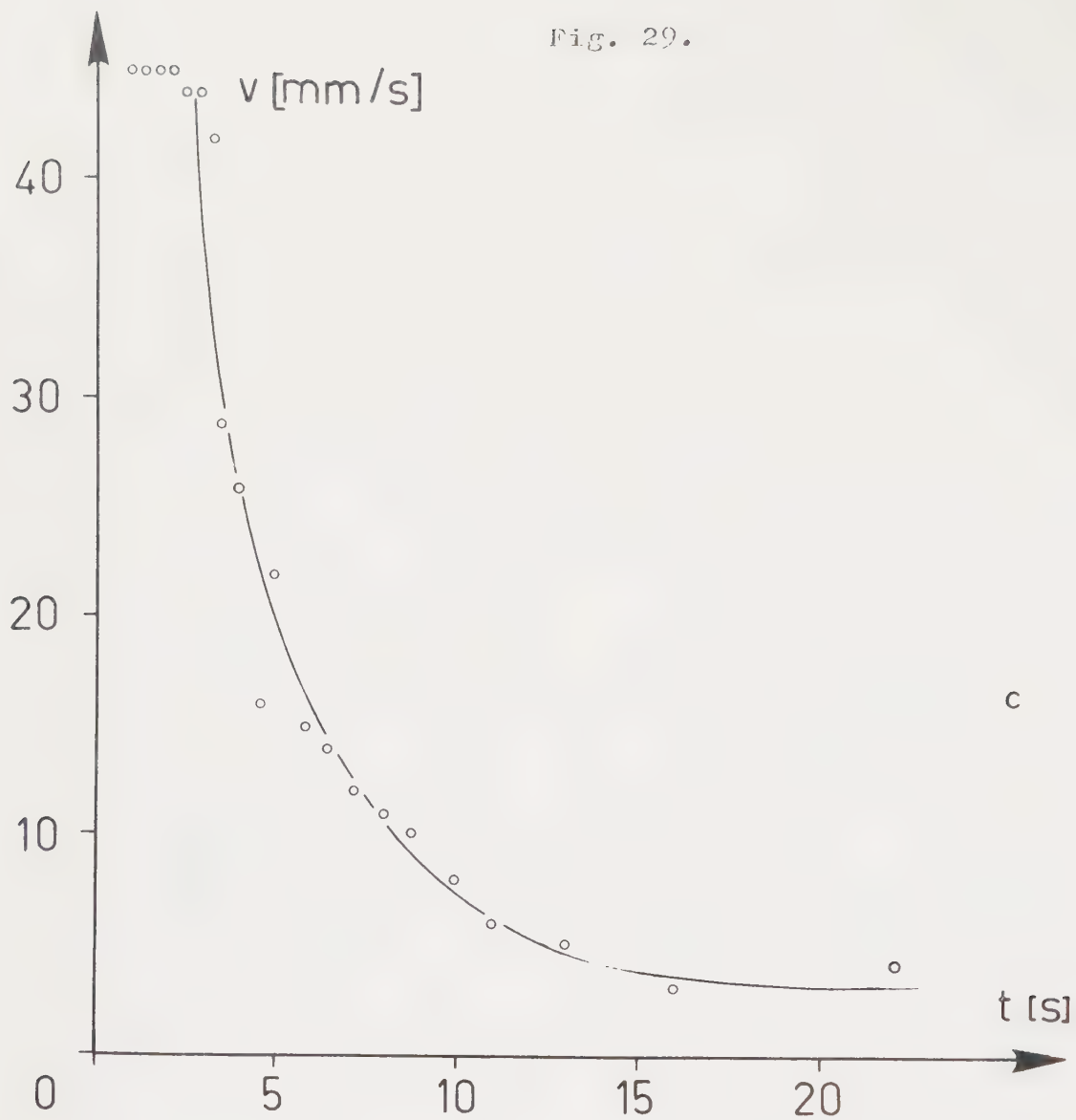
EVOLUTION DE LA PENTE DE LA PHASE LENTE

Les Fig. 28 et 29 montrent l'évolution de la pente de la phase lente en fonction du temps (pente déterminée également sur les tracés de la Fig. 23).

La pente de la phase lente décroît avec le temps et l'évolution de ce paramètre montre une certaine symétrie avec l'évolution de la durée des secousses.

Fig. 28.

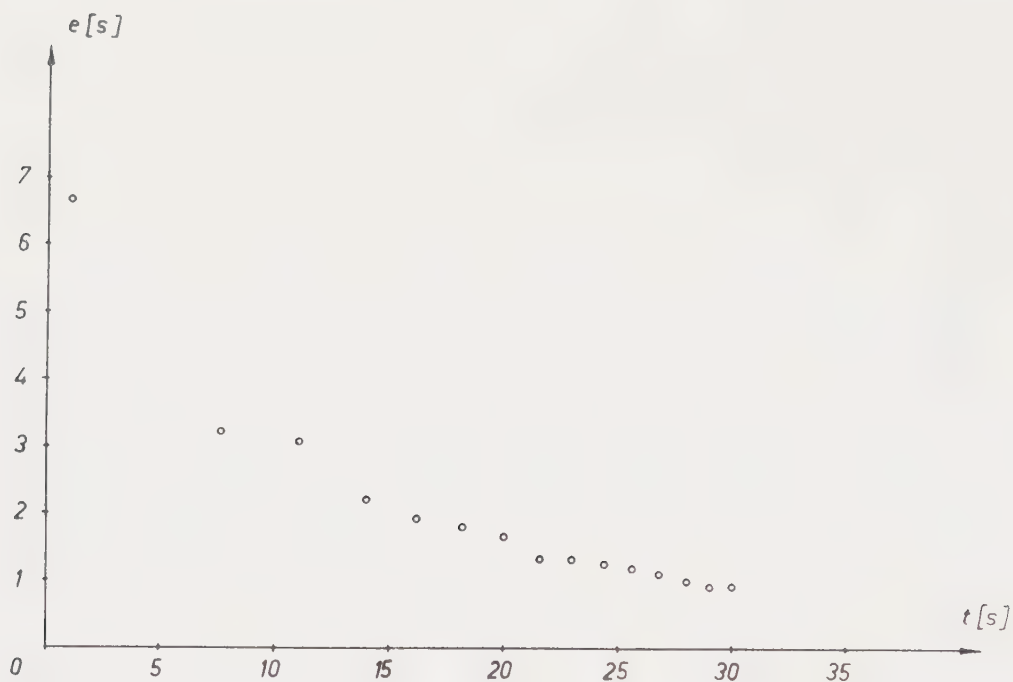




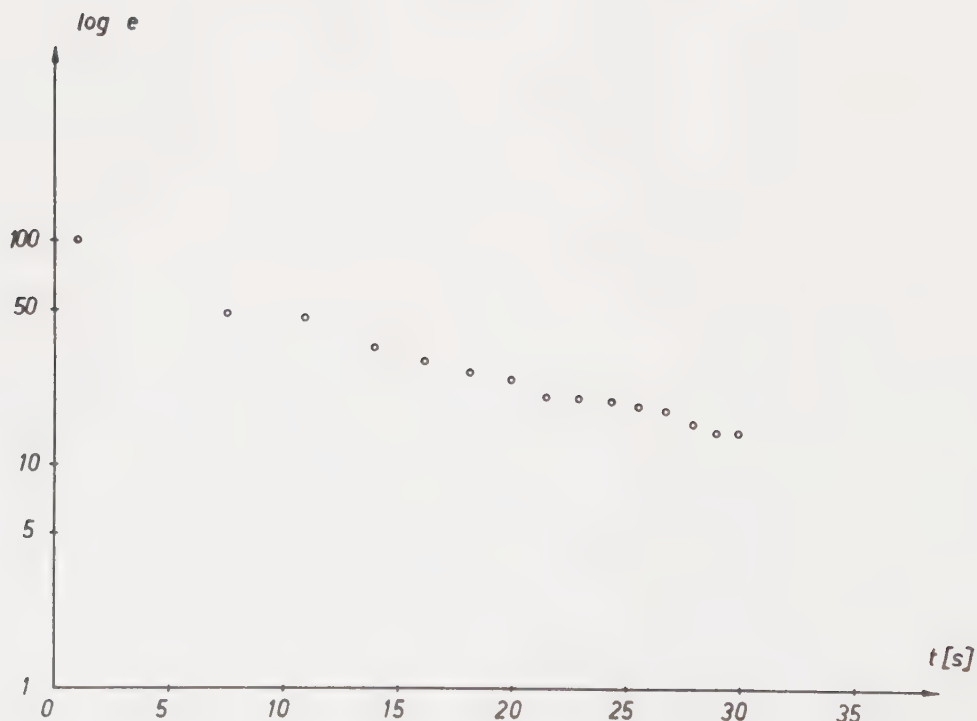
Période initiale du nystagmus photique.

L'allure similaire de la période initiale du nystagmus à celle de la post-réaction nous a incité également à traduire graphiquement l'évolution de la durée des secousses pour cette phase du nystagmus (Fig. 29). Nous sommes toutefois conscient que cette évolution n'est pas nécessairement identique à celle du post-nystagmus, étant donné qu'ici les mouvements oculaires traduisent une activité imposée et entretenue par les afférences découlant des stimuli.

Période initiale du nystagmus photique.



A) Durée des secousses (ordonnée) en fonction du temps (abscisse).



B) Logarithme de la durée des secousses (ordonnée) en fonction du temps (abscisse).

Effet d'une lumière continue sur le nystagmus
photique.

Utilisant pour la stimulation par éclaircissement continu une technique semblable à celle décrite par Bergmann, nous avons étudié l'effet de cette forme de stimulation dans 3 conditions :

- 1) Eclaircissement d'un seul oeil pendant que l'autre est protégé de toute lumière.
- 2) Eclaircissement du même oeil combiné simultanément avec une stimulation de l'autre oeil par des éclairs répétitifs provoquant un nystagmus battant du côté du flicker.
- 3) Même stimulation combinée, mais cette fois-ci l'oeil est soumis à un flicker d'une fréquence qui provoque dans les conditions données un nystagmus de direction opposée.

Nous avons fait les observations suivantes chez 3 animaux testés ainsi (1104, 1121, 1122) :

- 1) Une stimulation d'un seul oeil par un éclaircissement continu provoque presque régulièrement un nystagmus battant du côté stimulé et présentant une faible fréquence (une secousse/ 3 à 10 sec.) (voir Fig. 31 bis).

Ce nystagmus a un effet synergique ou antagoniste sur la réponse provoquée par le flicker, selon la direction de cette réponse.

- a) Il diminue donc la fréquence du nystagmus battant dans le sens opposé,
- b) et l'augmente pour le nystagmus battant dans le même sens (Fig. 31).

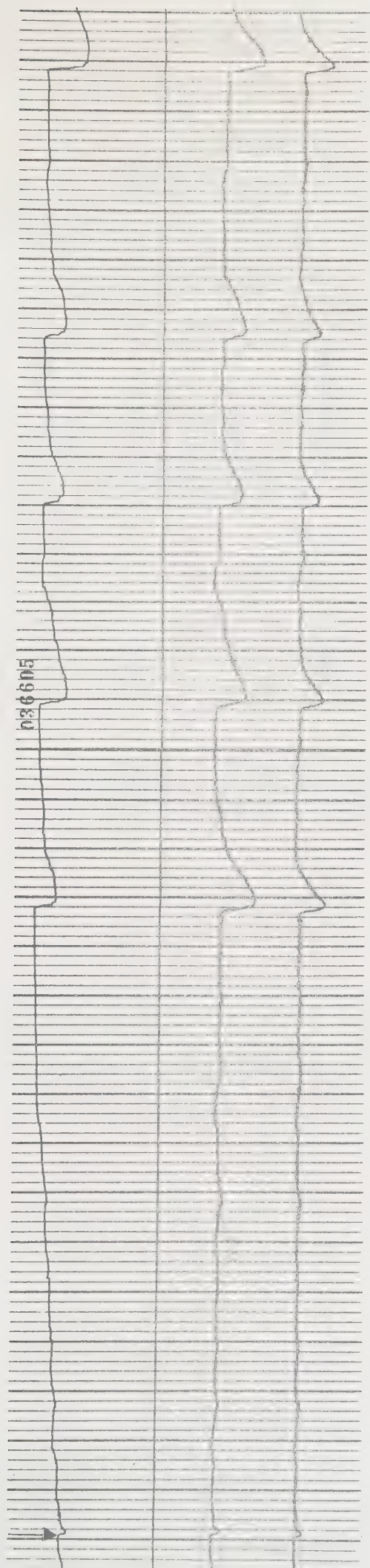


FIG. 31 bis Nystagmus provoqué par un éclaircissement continu de l'oeil gauche (lapin albinos 1122).
La flèche indique le début de la stimulation.

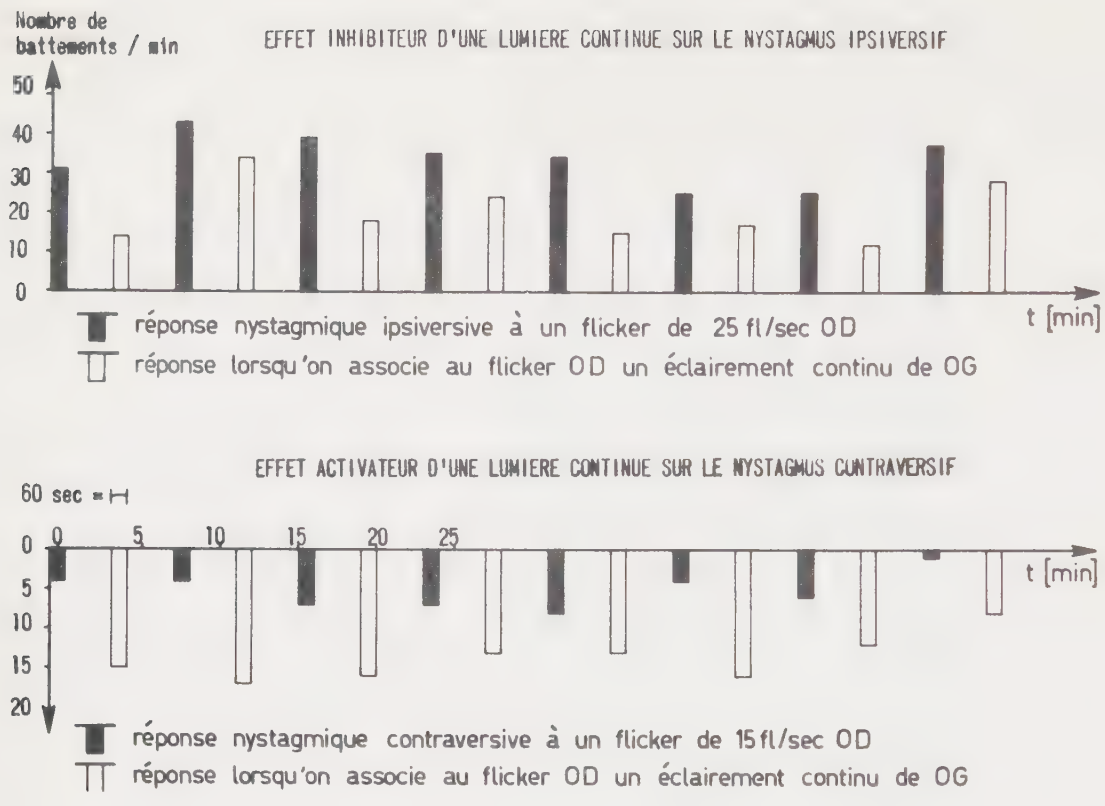


Fig. 31 Effet d'une lumière continue sur le nystagmus photique. L'oeil droit est stimulé pendant des périodes de 60 sec. par un flicker. Une stimulation sur deux est combinée avec un éclairement continu de l'oeil contro-latéral.

Le rôle de la fréquence critique de fusion déterminée
par l'ERG dans le mécanisme du nystagmus photique.

Le fait d'une relation bien déterminée entre la fréquence de la réponse nystagmique et la fréquence des stimuli d'une part, et leur intensité d'autre part, soulève la question du mécanisme de cette relation. Il s'agit de savoir quel événement d'ordre quantitatif de l'activité imposée par le flicker au niveau de la voie optique pourrait correspondre au point culminant ou aux points zéro des courbes exprimant la relation mentionnée tout à l'heure, points qui nous indiquent un effet maximal d'activation ("résonance") et le moment où cette activation est compensée par un mécanisme inhibiteur.

Plusieurs possibilités peuvent être envisagées. Il peut y avoir un rapport entre ces points critiques (maximum et minima) et :

- 1) La fréquence critique de fusion
 - 2) La fréquence moyenne des décharges des neurones rétiniens.
- Grüsser et Creutzfeldt (1957) ont en effet démontré que la fréquence moyenne des impulsions des neurones sensibles à la lumière, aussi bien au niveau de la rétine que du cortex visuel, augmente avec la fréquence du flicker jusqu'à un maximum, puis diminue progressivement. Ce maximum est atteint avant la fréquence critique de fusion. Cette évolution du rapport : fréquence du flicker - fréquence moyenne des impulsions neuronales, rappelle une évolution semblable à celle de nos courbes.

- 3) Rapport également entre ces points critiques et des conditions créées par un mécanisme que Dodt (1956) appelle interférence cônes - bâtonnets.

Pour revenir au premier point, nous avons eu la possibilité de déterminer la fréquence critique de fusion au moyen de l'ERG dans nos conditions standard de stimulation (intensité I/10). Avec notre appareillage, le moment de fusion a lieu à une fréquence de 55 flashes par seconde (voir Fig. 32).

Pour une intensité lumineuse 10 fois plus faible, la fusion se situe à 30 flashes par seconde; elle est au-dessus de 60 pour une intensité 10 fois plus forte (intensité I).

Ceci nous permet de conclure que dans les conditions de stimulation utilisées pour l'établissement des courbes ci-dessus, le système photopique (cônes) est principalement mis en action. Notons que la rétine du lapin est une rétine mixte. En principe, seuls les cônes parviennent à suivre cette fréquence et ceci uniquement dans les conditions photopiques. Nous remarquons que sur 9 des 11 courbes (Fig. 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17 et 18), le point d'intersection avec l'abscisse se trouve entre 50 et 60 flashes par seconde.

Rappelons ici que les courbes de la Fig. 22 vont en s'élargissant vers les fréquences plus élevées, avec l'augmentation de l'intensité des éclairs lumineux.

La fréquence de fusion déterminée par l'électrorétinogramme

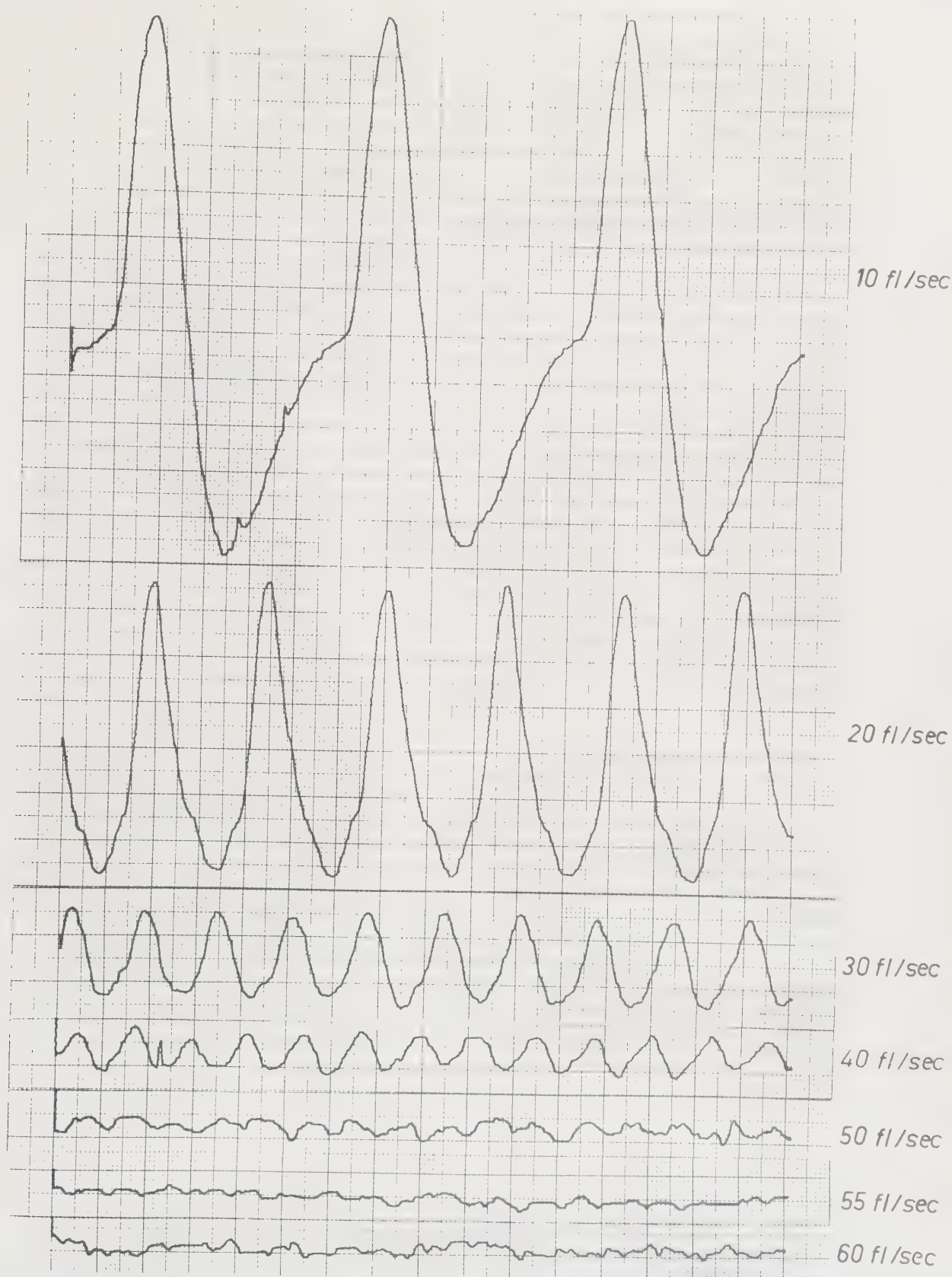


Fig. 32

La fusion de l'ERG (disparition de la périodicité et effacement de l'onde b) se produit dans nos conditions de stimulation à la fréquence de 55 éclairs par seconde. Lapin albinos 1108. Sommation de 128 passages; temps de passage 320 msec; counts / address 1024.

Quelques aspects généraux du nystagmus photique.

Le problème du nystagmus photique est complexe. On peut l'envisager sous un aspect très général. En considérant l'état d'immobilité des yeux comme étant la résultante de l'équilibre des afférences nerveuses au niveau des noyaux moteurs oculaires.

Toute rupture de cet équilibre provoquera des mouvements du globe oculaire. Les noyaux moteurs oculaires étant étroitement liés au système nystagmogène, toute afférence unilatérale provoquera une dissymétrie qui peut se traduire par un mouvement oculaire et, dans certaines conditions, par un mouvement nystagmique. Il n'est pas surprenant qu'on obtienne chez le lapin une réponse par une stimulation unilatérale quelle que soit la stimulation électrique et lumineuse, car nous savons que chez cet animal la quasi totalité des fibres optiques d'un oeil croisent au niveau du chiasme (Brouwer, 1923, 1927). Par conséquent, les afférences d'une rétine n'affluent pratiquement que vers un côté seulement. Ceci explique aussi notre observation que parfois, un nystagmus se déclenche "spontanément" du seul fait qu'un oeil soit recouvert.

D'autre part, l'étude de la relation entre les paramètres physiques de la stimulation et de la fréquence de la réponse nystagmique nous a révélé par l'évolution de cette relation qu'il existe deux lois s'exprimant par une évolution croissante et une évolution décroissante. Il est concevable que ces lois se traduisent par un mécanisme d'activation et d'inhibition. Ainsi, la stimulation provoque jusqu'à un certain

niveau d'intensité ou de fréquence une activation croissante du système nystagmogène. Dépassé cette limite, un mécanisme d'inhibition intervient, s'accroît et devient finalement prédominant. C'est à ce moment-là qu'il y a inversion de la réponse nystagmique.

Le nystagmus photique peut être considéré sous un angle neurophysiologique; là, les problèmes sont de deux ordres :

- 1) Les problèmes concernant le phénomène du nystagmus
- 2) Ceux concernant le flicker.

Un nombre considérable de travaux a été consacré aussi bien à l'un qu'à l'autre de ces sujets. Ces recherches ont surtout révélé la complexité des questions soulevées.

L'activité répétitive au niveau du système nerveux central est un phénomène bien connu, et plusieurs auteurs ont essayé de l'expliquer (Lorente de No, 1938; Pitts, 1946; Adrian, 1931; Chang, 1950). Le ou les centres nystagmogènes ne peuvent répondre qu'avec une certaine périodicité qui semble leur être propre et qui ne dépasse guère une fréquence de 4 à 5/sec., du moins chez le lapin.

De son côté, le flicker provoque des potentiels répétitifs au niveau de la rétine (ERG). Ceux-ci sont transmis par le nerf optique et peuvent entraîner sous certaines conditions une activité rythmée et synchrone à la stimulation au niveau des centres supérieurs (corps genouillé latéral et cortex strié)

ainsi qu'au niveau de la réticulée du tronc cérébral (Ingvar et Hunter, 1955).

Ces potentiels, habituellement d'une périodicité beaucoup plus élevée, rencontrent les centres nystagmogènes et y déclenchent une certaine activité dont la résultante est la réponse nystagmique.

A la fréquence optimale, le rythme imposé par la stimulation semble lié au rythme propre des centres nystagmogènes. C'est alors qu'il y a réponse maximale à la stimulation par une sorte de mécanisme de résonance.

CONCLUSION

Nous voyons l'utilité de ce travail :

- 1) Dans le fait d'avoir établi une relation entre les paramètres physiques de stimulation et certains paramètres de la réponse nystagmique et d'avoir ainsi donné un nouveau moyen d'exploration du système nystagmogène.
- 2) Les résultats expérimentaux plaident en faveur d'un mécanisme de résonance. Ils sont objectivés a) par l'existence d'une stimulation optimale en intensité, b) par l'existence d'une fréquence optimale de stimulation.

Une résonance implique un système oscillant qui résulte dans le cas du nystagmus, selon toute vraisemblance, de mécanismes d'activation et d'inhibition.

Ces faits peuvent ouvrir un aspect nouveau sur la manière d'envisager le problème du nystagmus et contribuer à trouver un modèle de fonctionnement du système nystagmogène.

B i b l i o g r a p h i e

- Adrian, E.O. : Potential changes in the isolated nervous system of *Dysticus Marginalis*. J. Physiol. (London), 1931, 72, 132-151.
- Arden, G. et Liu, Y.M. : Some types of response of single cells in the rabbit lateral geniculate body to stimulation of the retina by light and to electrical stimulation of the optic nerve. Acta physiol. Scand., 1960, 48, 36-48.
- Bergmann, F., Lachmann, J., Monnier, M. et Krupp, P. : Central nystagmus. III. Functional correlations of mesodiencephalic nystagmic centre. Amer. J. Physiol., 1959, 197, 454-460.
- " Gutman, J., Zelig, S. et Chaimovitz, M. : Optokinetic nystagmus and its interaction with central nystagmus. J. Physiol. (London), 1963, 168, 318-331.
- " Costin, A., Gutman, J. et Chaimovitz, M. : Nystagmus evoked from the superior colliculus of the rabbit. Exp. Neurol., 1964, 9, 386-399.
- " Costin, A., Gutman, J. et Chaimovitz, M. : The inhibitory effect of light on central optokinetic nystagmus in the rabbit. Confin. Neurol., 1965, 25, 403-412.
- " Costin, A., Gutman, J. et Chaimovitz, M. : Asymmetric character of the photic inhibition of optic and vestibular nystagmus. Intern. Symp. on Vestibular and Oculo-motor Problems, Tokyo 1965, p. 99-104.
- " Costin, A. et Chaimovitz, M. : Interaction of central and flash nystagmus. Exp. Neurol., 1965, 13, 317-329.
- " Costin, A., Felsenstein, J. et Chaimovitz, M. : Influence of low-rate flashing on optic nystagmus. Exp. Neurol., 1966, 15, 54-62.
- Bronwer, B. : Experimentell-anatomische Untersuchungen über die Projektion der Retina auf die primären Opticuszentren. Schweiz. Arch. Neurol. Psychiat., 1923, 13, 118-137.
- " : Anatomical, physiogenetical and clinical Studies on the central nervous System, The William & Wilkins Co., Baltimore, 1927.
- Chang, H.T. : The repetitive discharges of corticothalamic reverberating circuit. J. Neurophysiol., 1950, 13, 235-258.

- Costin, A., Chaimovitz, M. et Bergmann, F. : Nystagmus evoked by intermittent photic stimulation of the rabbits eye. *Experientia*, 1965, 21, 167-168.
- " Bergmann, F. et Chaimovitz, M. : Flash nystagmus : nystagmus evoked by intermittent photic stimulation. Intern. Symp. on Vestibular and Oculo-motor Problems, Tokio 1965, p. 105-109.
- " Bergmann, F., Chaimovitz, M. et Gimth, Y. : Nystagmus evoked in the rabbit by electrical stimulation of the lateral geniculate body. *Experientia*, 1966, 22, 102-103.
- Dodt, E. : Generalized inhibition of the retinal ganglion cells in relation to wave length and state of adaptation. *Acta physiol. Scand.*, 1956, 36, 219-228.
- " Copenhauer, R. et Gunkel, R. : Electroretinographic measurement for the spectral sensitivity in albinos, caucasians and negroes. *A.M.A. Arch. Ophthal.*, 1959, 62, 795-803.
- Elenius, V. : Recovery in the dark of the rabbit's electroretinogram. *Acta physiol. Scand.*, 1958, 44, Suppl. 150.
- Franceschetti, A., Monnier, M., Montandon, A. et Dieterle, P. : Standardisation des inscriptions nystagmographiques. IIème Symposium vestibulaire international, Genève 1959. *Confin. Neurol.*, 1960, 20, 275-276.
- Fukuda, T. et Tokita, T. : Ueber die Beziehung der Richtung der optischen Reize zu den Reflextypen der Augen- und Skelettmuskeln. *Acta oto-laryngol.*, 1957, 48, 415-424.
- Fumeaux, J. : Détermination chez le sujet sain du seuil vestibulaire par une méthode clinique. Thèse, Genève 1958.
- Grüsser, O.J. et Creutzfeldt, O. : Eine neurophysiologische Grundlage der Brücke-Bartley-Effektes : Maxima der Impulsfrequenz retinaler und corticaler Neurone bei Flimmerlicht mittlerer Frequenzen. *Pflügers Archiv*, 1957, 263, 668-681.
- Gutman, J., Bergmann, F., Chaimovitz, M. et Costin, A. : Nystagmus evoked by stimulation of the optic pathways in the rabbit. *Exp. Neurol.*, 1963, 8, 132-142.
- Ingvar, D.H. et Hunter, J. : Influence of visual cortex on light impulses in the brain stem of the unanaesthetized cat. *Acta physiol. Scand.*, 1955, 33, 194-218.
- Kohlrausch, A. : Elektrische Erscheinungen am Auge. In A. Bethe et al., *Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie*, Vol. 12/2, p. 1393-1496, Springer, Berlin, 1931.

- Krieger, H.P. et Bender, M.B. : Optokinetic afternystagmus in the monkey. *Electroencephalog. Clin. Neurophysiol.*, 1956, 8, 97-106.
- Krill, A. et Lee, G. : The electroretinogram in albinos and carriers of the ocular albinos trait. *A.M.A. Arch. Ophthalm.*, 1963, 69, 32-38.
- Lachmann, J., Bergmann, F. et Monnier, M. : Central nystagmus elicited by stimulation of the meso-diencephalon in the rabbit. *Amer. J. Physiol.*, 1958, 193, 328-334.
- Laporte, J. : Des corrélations entre l'aire nystagmogène diencephalique (AND) et les récepteurs vestibulaires. Thèse, Bordeaux 1965.
- Lorente de No, R. : Analysis of the activity of chains of inter-nuncial neurons. *J. Neurophysiol.*, 1938, 1, 207-244.
- Meyers, I.L. : Electronystagmography : a graphic study of the action currents in nystagmus. *Arch. Neurol. Psychiat.*, 1929, 21, 901-918.
- Monnier, M. et Gangloff, H. : Atlas et technique stéréotaxique pour le cerveau du lapin éveillé. Elsevier, Amsterdam, 1961.
- Montandon, A. et Monnier, M. : Analyse du nystagmus vestibulaire par la méthode électronystagmographique. *Ann. Oto-laryng.*, 1951, 68, 761-765.
- Montandon, A. et Russbach, A. : L'épreuve giratoire liminaire. *Pract. oto-rhino-laryng.*, 1955, 27, 224-236.
- Montandon, A. : Nystagmus giratoire et vestibulométrie. L'épreuve giratoire liminaire (EGL). *Schweiz. Arch. Neurol.*, 1965, 96, 268-280.
- Montandon, P. : Functional correlations between the diencephalic nystagmogenic area (DNA) and the vestibular nystagmogenic area (VNA). *Acta otolaryng. (Stockholm)*, 1964, Suppl. 186.
- Niccolai-Harter, H. : L'électronystagmogramme normal. Ses difficultés (Marseille/Genève). Thèse, Marseille 1964.
- Pitts, R.F. : Organization of the respiratory center. *Physiol. Rev.*, 1946, 26, 609-630.
- Quichaud, F. : Etude expérimentale comparative des nystagmus rotatoire et thermique par l'électronystagmographie. Thèse, Bordeaux 1966.
- Russbach, A. : Le seuil du nystagmus d'accélération giratoire. Thèse, Genève 1955.

- -

Schott, E. : Ueber die Registrierung des Nystagmus und anderer Augenbewegungen vermittels des Saitengalvanometers. Dtsch. Arch. klin. Med., 1922, 140, 79-90.

Straub, W. : Das Elektroretinogramm : Experimentelle und klinische Beobachtungen. Bücherei des Augenarztes, No 36, Enke, Stuttgart, 1961.
